

**Análise e Mitigação do Risco Associado às
Infraestruturas de Telecomunicações Críticas
de Suporte à Rede Nacional de Distribuição de
Eletricidade – Uma Visão Baseada no
Redesenho da Sua Estratégia de Manutenção –
Estágio na EDP Distribuição**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em
Automação e Comunicações em Sistemas Industriais

Autor

Telmo Paiva Branco

Orientadores

Professor Doutor Carlos Manuel Machado Ferreira

Professor Doutor Fernando José Pimentel Lopes

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor na EDP Distribuição

Engenheiro Rui António Rodrigues Francisco

Coimbra, setembro, 2015

“A única moeda verdadeiramente boa e pela qual convém trocar todas as restantes, é a sabedoria.”

Platão

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à EDP Distribuição, pela oportunidade concedida para a realização do estágio, na Direção de Manutenção, mais concretamente, no Departamento de Manutenção Planeamento e Controlo. Com um agradecimento especial ao Engenheiro Jorge Manuel Gomes, responsável máximo do Departamento.

Ao Engenheiro Rui António Rodrigues Francisco, meu Supervisor, que, com o seu saber e rigor, aconselhamentos e sugestões, tornou possível que este Relatório de Estágio fosse uma realidade. Para além disso, e mais importante que o registo escrito, levou-me a aprender mais e melhor, aguçou a minha curiosidade e inquietou-me quando as respostas pareciam encontradas. Obrigado pela paciência e pela disponibilidade demonstradas durante este longo percurso.

Ao ISEC, por ter realizado o protocolo com a EDP Distribuição e me ter proporcionado este estágio. E, em particular, aos meus orientadores, os Professores Doutores Carlos Manuel Machado Ferreira e Fernando José Pimentel Lopes, pelo apoio fornecido e pelo auxílio prestado, no decorrer de todo este período de estágio.

Aos colegas da EDP Distribuição, Hugo Ferreira, Telma Santos, Alexandra Martins, Sara Mafalda Pereira e Andreia Campos, pela paciência e pelo apoio. Com um especial agradecimento ao técnico Mário António Santos do MNSE-STCNT, pelos conhecimentos transmitidos, nas saídas para o terreno.

À minha Família, principalmente à minha mãe e ao meu pai, por todo o incentivo e dedicação, porque sem eles esta meta não teria sido alcançada. Por essa razão, todo o meu trabalho, empenho e Relatório de Estágio é dedicado a eles. Tudo isto começa na forma como me educaram e me encaminharam para a autonomia. Obrigado.

À minha namorada Ana Maria Duarte Rodrigues, pelo ânimo e pelas palavras positivas, desde o primeiro momento.

Aos colegas do Mestrado e amigos, pelo apoio direto ou indireto, ao longo de todo o percurso. Com especial agradecimento, à minha amiga Rita Gonçalves.

Resumo

Este Relatório de Estágio apresenta uma análise e mitigação do risco envolvendo equipamentos de telecomunicações, considerados como críticos para a rede de distribuição elétrica portuguesa. Baseado numa avaliação da condição e do risco, foi criada uma estratégia de manutenção para reduzir o impacto e a probabilidade de falha dos equipamentos PDH, SDH, VHF, Microondas, Ethernet/IP e Fibra Ótica, que em conjunto representam a rede privativa de telecomunicações da EDP Distribuição (EDPD). A política *Condition Based Risk Maintenance* (CBRM) foi fundamental para atingir este objetivo e ofereceu as ferramentas necessárias para sustentar essa estratégia. Esta política, com base na condição e no risco, é normalmente associada a planos de manutenção de equipamentos na área da energia. No entanto, será demonstrado neste trabalho que pode ser aplicada com sucesso na área das telecomunicações, mais concretamente na manutenção de uma rede de telecomunicações industrial. O objetivo final foi apresentar uma estratégia de manutenção para a EDPD, para que a mesma seja usada na sua rede privativa de telecomunicações e dessa forma melhorar a gestão dos ativos da rede, reduzir os custos e manter a fiabilidade, observando e melhorando a matriz de risco da empresa.

Para a elaboração da proposta de revisão da estratégia de manutenção foram recolhidos dados de várias bases de dados disponibilizadas pela empresa e toda a informação foi tratada com rigor e autocrítica. A análise dos registos de avarias permitiu criar gráficos detalhados da condição dos ativos por tipo de equipamento - este é o principal elemento do plano de manutenção que se pretende melhorar e que se baseia no tipo de equipamento e na sua condição ao longo do tempo. No entanto, a necessidade de uma maior disponibilidade dos equipamentos e a elevada criticidade dos elementos da rede, conduziu à necessidade de implementar uma filosofia baseada no risco, considerando a instalação no seu todo, levando à criação de diferentes perfis para os *sites* da rede.

A Fibra Ótica (FO) teve uma análise independente das restantes tecnologias devido à sua importância extrema para a rede, encontrando-se a cargo do Departamento de Manutenção de Redes (MNRD), enquanto os restantes equipamentos são da responsabilidade do Departamento de Manutenção de Subestações (MNSE). Tendo por base o mesmo tipo de manutenção da condição ao longo do tempo, a manutenção associada à FO mereceu também melhorias, que se basearam na análise dos diferentes tipos de FO utilizados, onde cada um deles tem uma importância diferente para a rede. Foram recolhidos dados sobre a condição, o que permitiu elaborar uma ferramenta para o cálculo do Índice de Saúde, onde a avaliação do risco fica dependente das duas ou mais instalações envolvidas na Ligação FO.

A proposta de manutenção para os equipamentos de telecomunicações elaborada foi entregue para avaliação na EDPD e está prevista a sua implementação no terreno a partir de janeiro de 2016. No que respeita à FO, foi disponibilizado e entregue para análise um modelo para a monitorização da sua condição e para a análise do seu índice de saúde, assim como uma nova proposta de manutenção para as ligações. Assim, pretendeu-se oferecer várias ferramentas para melhorar continuamente a rede privativa da EDPD, sem comprometer a fiabilidade e tentando reduzir ao máximo o tempo de indisponibilidade.

Palavras-chave: Telecomunicações, CBRM, Manutenção, EDPD, Análise de Risco.

Abstract

This Internship Report presents an analysis and risk mitigation involving telecommunications equipment, considered critical to the Portuguese electrical grid. Based on an evaluation of condition and risk, it was possible to create a maintenance strategy to reduce the impact and the probability of failure of the PDH, SDH, VHF, Microwave, Ethernet/IP and Fibre Optics equipment. This equipment constitutes the private telecommunications network of EDP Distribuição (EDPD). The Condition Based Risk Maintenance (CBRM) policy was crucial for this purpose and provided the necessary tools to support that strategy. The CBRM policy is often associated with maintenance of energy equipment, but it will be shown in this work that it can also be successfully applied in the telecommunications area, specifically in the maintenance of an industrial telecommunications network. The ultimate goal was to present a maintenance strategy for EDPD, for it to be used in its private telecommunications network, and thus improve the management of the network risk assets, reducing costs and maintaining reliability, observing and improving the company risk matrix.

In developing the proposed revision of the maintenance strategy, data was collected from various databases provided by the company, with all the information treated with rigor and self-criticism. Analysis of fault records allowed creating detailed graphics of the condition of the assets by type of equipment - this is the main component of the maintenance plan we wanted to improve and that is based on the type of equipment and its condition over time. However, the need for greater availability of equipment and high criticality of network elements, led to the need to implement a philosophy based on risk, which considered the installation as a whole, leading to the creation of different profiles for network sites.

The Optical Fiber (FO) had an independent technology analysis, because of its extreme importance to the network. It is the responsibility of the Department of Network Maintenance (MNRD) while the remaining equipment is the responsibility of the Department Substation Maintenance (MNSE). Based on the same type of maintenance of the condition over time, it received also improvements, which were based on the analysis of the different types of fiber used, each of them having a different importance to the network. Data was collected on the condition, allowing the development of a tool for calculating the fiber health index, where the risk assessment is dependent on two or more sites involved in the FO connection.

The developed maintenance proposal for the telecommunications equipment was subjected for approval at EDPD and it will be implemented in the field from January 2016. With regard to the FO, a model for the monitoring of its condition and to analyze its health index, as well as a proposal for the maintenance of the links were made available and also subjected for analysis. The objective was to offer a set of tools to continuously improve the EDPD private network without compromising the reliability and trying to reduce the downtime to the absolute minimum.

Keywords: Telecommunications, CBRM, Maintenance, EDPD, Risk Analysis.

Índice Geral

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice Geral	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xv
Lista de Símbolos	xvii
Lista de Acrónimos.....	xix

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. O Tema	1
1.2. A EDP	3
1.2.1. Responsabilidade e Ética.....	3
1.2.2. Estrutura e Organização.....	3
1.3. O Estágio.....	6
1.3.1. Enquadramento.....	6
1.3.2. Objetivos	7
1.4. Estrutura do Relatório de Estágio	8

CAPÍTULO 2

2. SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES NA EDP DISTRIBUIÇÃO	11
2.1. Redes Fixas	11
2.1.1. Fibra Ótica	12
2.1.1.1. Rede e Tipos de Cabo na EDP Distribuição	14
2.1.2. PDH – <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>	19
2.1.3. SDH – <i>Synchronous Digital Hierarchy</i>	21
2.1.4. <i>Ethernet</i> /IP	22
2.1.5. Correntes Portadoras (PLC).....	22
2.1.6. Rede MPLS.....	23
2.2. Redes Rádio	25
2.2.1. Rádio VHF	25

2.2.2.	Rádio Microondas	26
2.2.3.	Outras Tecnologias Rádio	26
2.2.3.1.	GSM/GPRS.....	27
2.2.3.2.	TETRA	28

CAPÍTULO 3

3.	POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO	31
3.1.	Gestão de Ativos	31
3.1.1.	Objetivos da Manutenção	33
3.1.2.	Tipos de Manutenção.....	33
3.2.	TBM – Time Based Maintenance.....	35
3.3.	CBM – Condition Based Maintenance.....	35
3.4.	RCM – Reliability Centered Maintenance	36
3.5.	RBM – Risk Based Maintenance	37
3.6.	CBRM – Condition Based Risk Maintenance	38
3.6.1.	A Condição.....	40
3.6.2.	O Risco	42

CAPÍTULO 4

4.	CARATERIZAÇÃO DAS AVARIAS	45
4.1.	SDH - Synchronous Digital Hierarchy	46
4.2.	PDH - Plesiochronous Digital Hierarchy	48
4.3.	Rádio VHF	49
4.4.	Rádio Microondas	51
4.5.	Ethernet/IP	52
4.6.	Correntes Portadoras (PLC)	54
4.7.	Análise Geral e Conclusões	55

CAPÍTULO 5

5.	MATRIZ DE CRITICIDADE E MATRIZ DE RISCO	57
5.1.	Matriz de Criticidade	57
5.1.1.	Criticidade e Tecnologia	58
5.1.2.	Distribuição das Instalações	61
5.2.	Matriz de Risco	64
5.2.1.	Cálculos – Parâmetros da Matriz.....	65
5.2.2.	Perfis de Risco	67

CAPÍTULO 6

6.	PROPOSTA DE MANUTENÇÃO	73
6.1.	Política Preconizada no Passado	73

6.2.	Proposta de Evolução.....	75
6.3.	Comparação de Esforço entre Políticas.....	78
6.4.	Distribuição das MPS – Zonas Geográficas de Responsabilidade de Manutenção.....	81
6.5.	Caso Prático de Aplicação da Nova Política	84
6.5.1.	EDP RENOVÁVEIS.....	85
6.5.1.1.	Instalações e Avarias.....	85
6.5.1.2.	Custos Resultantes	86
6.5.2.	EDP PRODUÇÃO.....	87
6.5.2.1.	Instalações e Avarias.....	87
6.5.2.2.	Custos Resultantes	89
6.5.3.	RESULTADOS	90
 CAPÍTULO 7		
7.	REDE DE FIBRAS ÓTICAS.....	91
7.1.	Caracterização das Avarias.....	91
7.1.1.	Modos de Falha	92
7.1.2.	Causas das Avarias	92
7.2.	Plano de Manutenção	95
7.3.	Índice de Saúde	97
7.4.	Unidades de Teste Ótico e Supervisão.....	100
7.4.1.	Ligações Críticas	101
7.4.2.	Investimento	102
7.4.3.	Distribuição de UTO	103
7.4.4.	Programa de Supervisão	104
 CAPÍTULO 8		
8.	CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS.....	105
8.1.	Conclusões.....	105
8.2.	Propostas a Desenvolver no Futuro	106
8.3.	Considerações Finais	108
Referências Bibliográficas.....		109
Anexos.....		113
Anexo A – Estrutura da DMN (2015)		114
Anexo B – Matrizes de Risco (associação aos perfis de risco)		115
Anexo C – Tabelas e Cálculos Detalhados para os Parâmetros da Matriz de Risco		120
Anexo D – Caso Prático: EDPR e EDPP		125
Anexo E – Listagem das Avarias na FO.....		127
Anexo F – Workshops		128

Anexo F.1 – ALSTOM	128
Anexo F.2 – EFACEC.....	129
Anexo F.3 – SIEMENS	131
Anexo G – Atividades de Acompanhamento no Terreno.....	132
Anexo G.1 – Atividade 1 – Rua do Brasil (Coimbra)	132
Anexo G.2 – Atividade 2 – SE Miranda do Corvo	133
Anexo G.3 – Atividade 3 – SE Gala (Fig. Da Foz).....	136
Anexo G.4 – Atividade 4 – SE Antanhol.....	138
Anexo G.5 – Atividade 5 – SE São Jorge	139
Anexo G.6 – Atividade 6 – SE Turquel	141

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Exemplo da Rede de Distribuição com o conceito de SmartGrids [1]	2
Figura 1.2 - Grupo EDP: Estrutura Geral [4]	4
Figura 2.1 - Fibra Ótica [9].....	12
Figura 2.2 - FO: Refração e Reflexão [9].....	13
Figura 2.3 - Fibra Ótica Multimodo [9].....	13
Figura 2.4 - Fibra Ótica Monomodo [9]	14
Figura 2.5 - FO: Comprimento de Onda, Atenuação e Janelas Espectrais [9].....	14
Figura 2.6 - Rede de Fibras Óticas da EDP Distribuição [10]	15
Figura 2.7 - Cabo OPGW	16
Figura 2.8 - Cabo ADSS.....	17
Figura 2.9 - Cabo Dielétrico de Conduta.....	17
Figura 2.10 - Cabo <i>Microcable</i>	18
Figura 2.11 - Cabo "Figura 8"	18
Figura 2.12 - Ligação FO: OPGW & Dielétrico de Conduta [9]	19
Figura 2.13 - Ligação FO: ADSS & Dielétrico de Conduta [9]	19
Figura 2.14 - PDH: exemplo de uma Trama [9].....	20
Figura 2.15 - Arquitetura de uma Rede MPLS [12]	24
Figura 3.1 - Ciclo da Gestão de Ativos (adaptado de [18]).....	32
Figura 3.2 - Gráfico da "Curva da Banheira" [19]	33
Figura 3.3 - Esquema dos Tipos de Manutenção.....	34
Figura 3.4 - Relação custo/disponibilidade na TBM (adaptado de [22])	35
Figura 3.5 - Relação custo/disponibilidade na CBM (adaptado de [22])	36
Figura 3.6 - Relação custo/disponibilidade na RCM (adaptado de [22])	37
Figura 3.7 - Relação custo/disponibilidade na RBM (adaptado de [22])	38
Figura 3.8 - Relação custo/disponibilidade na CBRM (adaptado de [22])	39
Figura 3.9 - Esquema da Política CBRM [26].....	40
Figura 3.10 - Gráfico: Condição (MTBF) [22].....	41
Figura 3.11 - Ciclo de Avaliação do Risco [19]	42
Figura 4.1 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos SDH.....	47

Figura 4.2 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos PDH.....	49
Figura 4.3 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos VHF.....	51
Figura 4.4 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos Microondas.....	52
Figura 4.5 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos IP	54
Figura 4.6 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos PLC.....	55
Figura 4.7 – Número Total de Avarias Registadas por Tecnologia	56
Figura 5.1 - Matriz Criticidade (Telecomando).....	58
Figura 5.2 – Nova Matriz de Criticidade (elementos de análise com base no risco)	60
Figura 5.3 - Matriz de Risco Empresarial.....	65
Figura 5.4 - Exemplo: Transição de nível na Matriz de Risco, perfil III	69
Figura 6.1 - Gráfico: comparação do esforço TBM vs CBRM	79
Figura 7.1 - Causas das Avarias na FO	93
Figura 7.2 - Percentagem de Avarias por Tipo de Cabo FO	94
Figura 7.3 - Menu Inicial - IS para a FO	97
Figura 7.4 - Ligação FO com Tipo de Cabo e Perfil de Risco	101

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 – Departamentos Principais da Estrutura da DMN.....	5
Tabela 2.1 - Vantagens do SDH em relação ao PDH.....	21
Tabela 2.2 - Banda e Canais das Principais Operadoras Portuguesas	27
Tabela 2.3 - Principais Características do Sistema TETRA (adaptado de [16])	28
Tabela 4.1 - Listagem dos Registos das Avarias	45
Tabela 5.1 - Divisão de MOXAS: Fase 1	62
Tabela 5.2 - Divisão de MOXAS: Fase 2	63
Tabela 5.3 – Tabela Coeficientes (peso de cada análise)	67
Tabela 5.4 - Perfis de Risco associados aos Repetidores	71
Tabela 5.5 - Perfis de Risco e Enquadramento.....	72
Tabela 6.1 - Política ATOM (2011) - TBM/MPS	74
Tabela 6.2 - TBM - Número de Equipamentos por Tecnologia e por Zona Geográfica	74
Tabela 6.3 - TBM - Número de Intervenções (MPS) por Zona do País.....	75
Tabela 6.4 - CBRM - Número de <i>Sites</i> por Perfil/Região (1)	76
Tabela 6.5 - CBRM - Número de <i>Sites</i> por Perfil/Região (2)	76
Tabela 6.6 - CBRM - número de intervenções (MPS) por zona do país.....	77
Tabela 6.7 - Perfis da Política de Manutenção CBRM.....	78
Tabela 6.8 - TBM vs CBRM (comparação do esforço)	79
Tabela 6.9 - Custos das Intervenções	80
Tabela 6.10 - Esforço financeiro TBM vs CBRM.....	80
Tabela 6.11 - Janela temporal MPS (Norte)	81
Tabela 6.12 - Janela temporal MPS (Centro)	81
Tabela 6.13 - Janela temporal MPS (Sul).....	82
Tabela 6.14 - CBRM - Número de Intervenções (MPS) por Zona do País (Nova Divisão)	83
Tabela 6.15 - Janela temporal MPS (Norte) (Nova Divisão)	83
Tabela 6.16 - Janela temporal MPS (Centro) (Nova Divisão)	83
Tabela 6.17 - Janela temporal MPS (Sul) (Nova Divisão)	83
Tabela 6.18 - Divisão de Responsabilidades: comparativo Actual vs Nova	84
Tabela 6.19 - EDPR: instalações e Perfil de Risco.....	85
Tabela 6.20 - EDPR: nº de instalações equivalentes	86

Tabela 6.21 - EDPR: custos totais das MC	87
Tabela 6.22 - EDPR: custos totais MPS	87
Tabela 6.23 - EDPR: custos totais de manutenção	87
Tabela 6.24 - EDPP: instalações e perfil de risco.....	88
Tabela 6.25 - EDPP: nº de instalações equivalentes	88
Tabela 6.26 - EDPP: custos totais das MC.....	89
Tabela 6.27 - EDPP: custos totais MPS	89
Tabela 6.28 - EDPP: custos totais de manutenção	90
Tabela 6.29 - Custos totais de manutenção (EDPR + EDPP)	90
Tabela 7.1 - Número da Ligações FO por Tipo de Cabo e Zonas do País	92
Tabela 7.2 - Periodicidade das MPS da Política de Manutenção FO 2015	96
Tabela 7.3 - FO - Fatores Externos Impactantes (à esquerda) e Caraterísticas Ambientais (à direita).....	99
Tabela 7.4 - FO - Condição Técnica (à esquerda) e Caraterísticas Técnicas (à direita)	99
Tabela 7.5 - FO - Fatores de Consequência de uma Falha	99
Tabela 7.6 - Ligação FO - ADSS (Norte) (à esquerda) e ADSS (Centro) (à direita)...	102
Tabela 7.7 - Ligação FO - ADSS (Sul)	102
Tabela 7.8 - Proposta inicial de locais para instalação de UTO [10]	103
Tabela 7.9 - Lista de Locais críticos para a instalação de UTO	104

Lista de Símbolos

λ_{MED}	Taxa Média de Avarias
λ_{CRI}	Taxa Média de Avarias (caso mais crítico)
f_{MED}	Tempo Médio Até Falhar (MTBF)
f_{CRI}	Tempo Médio Até Falhar (MTBF) (caso mais crítico)
α_1	Coeficiente de Ponderação (estudo Anterior)
α_2	Coeficiente de Ponderação (estudo Atual)
p_1	Peso - Zona do Estudo
p_2	Peso - Tempo do Estudo
I_A	Instalações do Estudo A (estudo Anterior)
I_B	Instalações do Estudo B (estudo Atual)
T_A	Tempo do Estudo A (estudo Anterior)
T_B	Tempo do Estudo B (estudo Atual)

Lista de Acrónimos

ADSS	<i>All-Dielectric Self-Supporting</i>
AT	Alta Tensão
ATOM	Automação e Telecontrolo - Operação e Manutenção
BT	Baixa Tensão
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i>
CBRM	<i>Condition Based Risk Maintenance</i>
DAT	Direção de Automação e Telecontrolo
DMN	Direção de Manutenção
EDIF	Edifício
EDP	Energias de Portugal
EDPD	EDP Distribuição
EDPP	EDP Produção
EDPR	EDP Renováveis
FO	Fibra Ótica
IP	<i>Internet Protocol</i>
IS	Índice de Saúde
MC	Manutenção Corretiva
MNPC	Manutenção Planeamento e Controlo
MPS	Manutenção Preventiva Sistemática
MNRD	Manutenção de Redes
MNSE	Manutenção de Subestações
MT	Média Tensão
MW	<i>Microwave</i>
MPLS	<i>Multiprotocol Label Switching</i>
ODF	<i>Optical Distribution Frame</i>

OPGW	<i>Optical Ground Wire</i>
OTDR	<i>Optical Time-Domain Reflectometer</i>
PE	Parque Eólico
PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
PLC	Power Line Communication
PS	Posto de Seccionamento
PT	Posto de Transformação
RBM	<i>Risk Based Maintenance</i>
REP	Repetidor
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
RND	Rede Nacional de Distribuição
RQS	Regulamento de Qualidade de Serviço
SAP	Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SE	Subestação
SPCC	Sistemas de Protecção Comando e Controlo
TBM	<i>Time Based Maintenance</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TCMT	Telecontrolo da Média Tensão
TCSE	Telecontrolo da Subestação
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
TDMA	<i>Time Division Multiplex Access</i>
URR	Unidade Remota de Rede
UTO	Unidades de Teste Ótico e Supervisão
VHF	<i>Very High Frequency</i>

1. INTRODUÇÃO

1.1. O Tema

A envolvimento e importância que o tema deste Estágio tem para outras vertentes da operação da rede de distribuição da EDPD é sem dúvida uma questão importante. A rede de telecomunicações não funciona de forma isolada da rede de distribuição de eletricidade, uma vez que a primeira é uma importante componente necessária ao correto funcionamento da segunda e à garantia da qualidade de serviço que lhe está associada. Esta importância está associada à constante monitorização e operação da rede de distribuição que são efetuadas através dos equipamentos de telecomunicações.

A rede elétrica tem nos dias de hoje uma importância muito elevada na nossa sociedade e a distribuição de eletricidade tem que ser assegurada com a maior fiabilidade possível. Por essa razão, a utilização de mecanismos de automação e de telecontrolo é de extrema importância para toda a rede, uma vez que estes permitem assegurar a sua disponibilidade. Para a atuação dos sistemas de automação e telecontrolo são necessários os equipamentos de telecomunicações, mas também os Sistemas de Protecção, Comando e Controlo (SPCC) e as *Remote Terminal Unit* (RTU), que não serão abordados neste Relatório.

O telecontrolo é um mecanismo muito importante do sistema e sem ele não existiria informação sobre o estado de funcionamento das instalações, não existiriam alertas/notificações de anomalias e não seria possível antecipar qual o equipamento que se encontra com problemas antes da deslocação ao local. Assim, o telecontrolo permite criar um mapa virtual da rede e realizar a sua monitorização, assim como permite o acesso remoto para testar o estado dos equipamentos. A EDP Distribuição (EDPD) utiliza protocolos *standard* para realizar o telecontrolo dos seus equipamentos na rede, sendo de destacar o IEC61850 (protocolo das subestações AT/MT) e o IEC60870-5-104 (protocolo para a MT).

A importância do telecomando nas infraestruturas de telecomunicações é considerada através da análise do risco. O risco associado à falha de cada instalação tem em conta o número de telecomandos que cada uma delas suporta. Apesar de ser possível avaliar o tempo de vida de um equipamento através dos dados fornecidos pelo fabricante ou do seu historial de avarias, e assim determinar a condição do equipamento após um determinado

período de tempo em funcionamento, não é possível prever a falha de uma instalação por completo, o que nos transporta para uma avaliação assente não só na condição, mas também no risco.

A consideração de uma estratégia baseada na condição e no risco é uma filosofia recente e que tenta minimizar os problemas da rede, avaliando as consequências e as probabilidades de falha, de forma a estimar a melhor altura para realizar uma intervenção de manutenção. No entanto, é de realçar que a inteligência dos sistemas atuais permite ter a rede de distribuição de eletricidade em constante monitorização, ou seja, com informação do seu estado em tempo real. Contudo, no conjunto de toda a rede existem sempre equipamentos mais antigos, que por variadas razões ainda não foram substituídos, o que reforça a importância da existência de um plano de manutenção mais capaz, por forma a não comprometer a disponibilidade da rede de telecomunicações.

Num curto espaço de tempo entraremos numa fase onde a automação e o telecontrolo da rede de distribuição passará para um novo nível, com sistemas ainda mais inteligentes e prontos para dotar, principalmente as subestações, de equipamentos com capacidade para receber informações de toda a rede de MT/BT. O aumento da informação está de acordo com o aparecimento do conceito de *SmartGrids*, e isso leva a que o *core* da rede de distribuição passe a ser *Smarter* e não apenas *Smart*, como já é atualmente (Figura 1.1).

As *SmartGrids* representam um conceito que se irá expandir das instalações MAT/AT, AT/AT e AT/MT, para mais *sites* MT/MT e MT/BT e ainda para *sites* BT/BT, através das EnergyBOX instaladas em cada utilizador doméstico, considerada de microGeração.

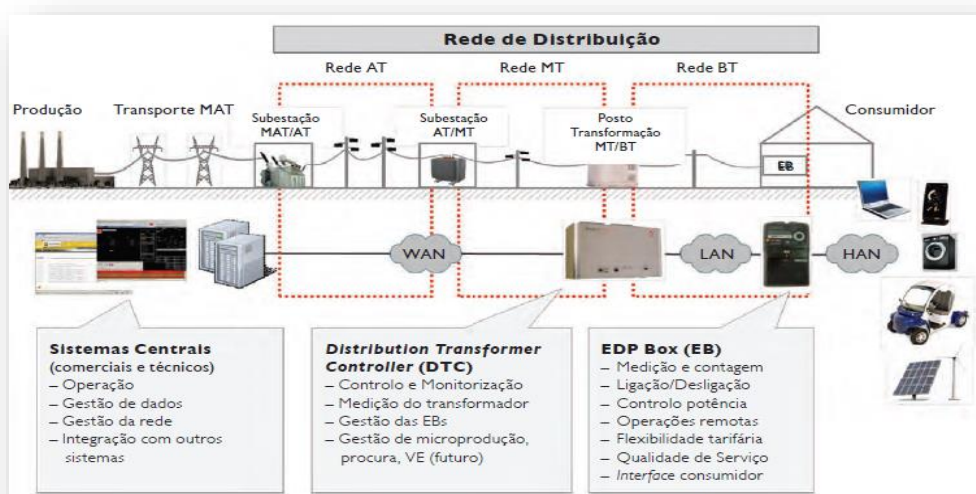


Figura 1.1 - Exemplo da Rede de Distribuição com o conceito de SmartGrids [1]

1.2. A EDP

O Grupo EDP – Energias de Portugal, S.A. é uma das empresas com mais influência em Portugal em inúmeras áreas e por essa razão é vista como um exemplo a seguir, tanto no rigor como na disciplina com que encara as suas atividades.

1.2.1. Responsabilidade e Ética

Hoje em dia, todas as empresas de grande relevo para a sociedade, como é o caso da EDP, precisam de criar um mútuo acordo com os seus colaboradores, de forma a garantir que a integridade da empresa é tida em conta e que todas as decisões são tomadas de forma consciente. Desta forma, a EDP criou um código de ética, para tentar transmitir a sua forma de pensar, como grande empresa que é, e com a responsabilidade que daí advém. Cada ação pode ter consequências boas ou más, cabendo a cada um escolher a que melhor se adequa a cada situação, tendo sempre como objetivo final maior qualidade e segurança.

Partindo do código de ética estabelecido, a EDP assume: assegurar que cada colaborador tenha consciência das suas ações e que cumpre as exigências éticas estabelecidas, tentando minimizar as ocorrências de más práticas éticas e mantendo uma empresa com uma cultura baseada em valores, transparência, confiança e responsabilidade [2].

A estrutura da empresa utiliza um sistema de hierarquias que, no seu entender, tem um impacto importante na concretização dos objetivos, uma vez que segue uma ideia de exemplaridade das ações.

1.2.2. Estrutura e Organização

O grupo EDP desenvolve as suas atividades nas áreas da produção, comercialização e distribuição de energia elétrica, tendo ainda participação na comercialização e distribuição de gás. A sua estrutura pode ser consultada na Figura 1.2.

Apesar de se encontrar presente em muitos locais dispersos pelo mundo, os três principais pontos de operação são: Portugal, Espanha e Brasil. Desta forma é possível dividir o grupo em três grandes grupos, a Península Ibérica, a EDP renováveis e a EDP Brasil. Em Portugal apresenta três vertentes de negócio, produção de eletricidade (EDP Produção e

EDP Produção Bioelétrica), distribuição de eletricidade e gás natural (EDP Distribuição e EDP Gás Distribuição) e comercialização e *trading* de eletricidade e gás (EDP Serviço Universal, EDP Comercial, EDP Gás Serviço Universal e EDP Gás.Com) [3].

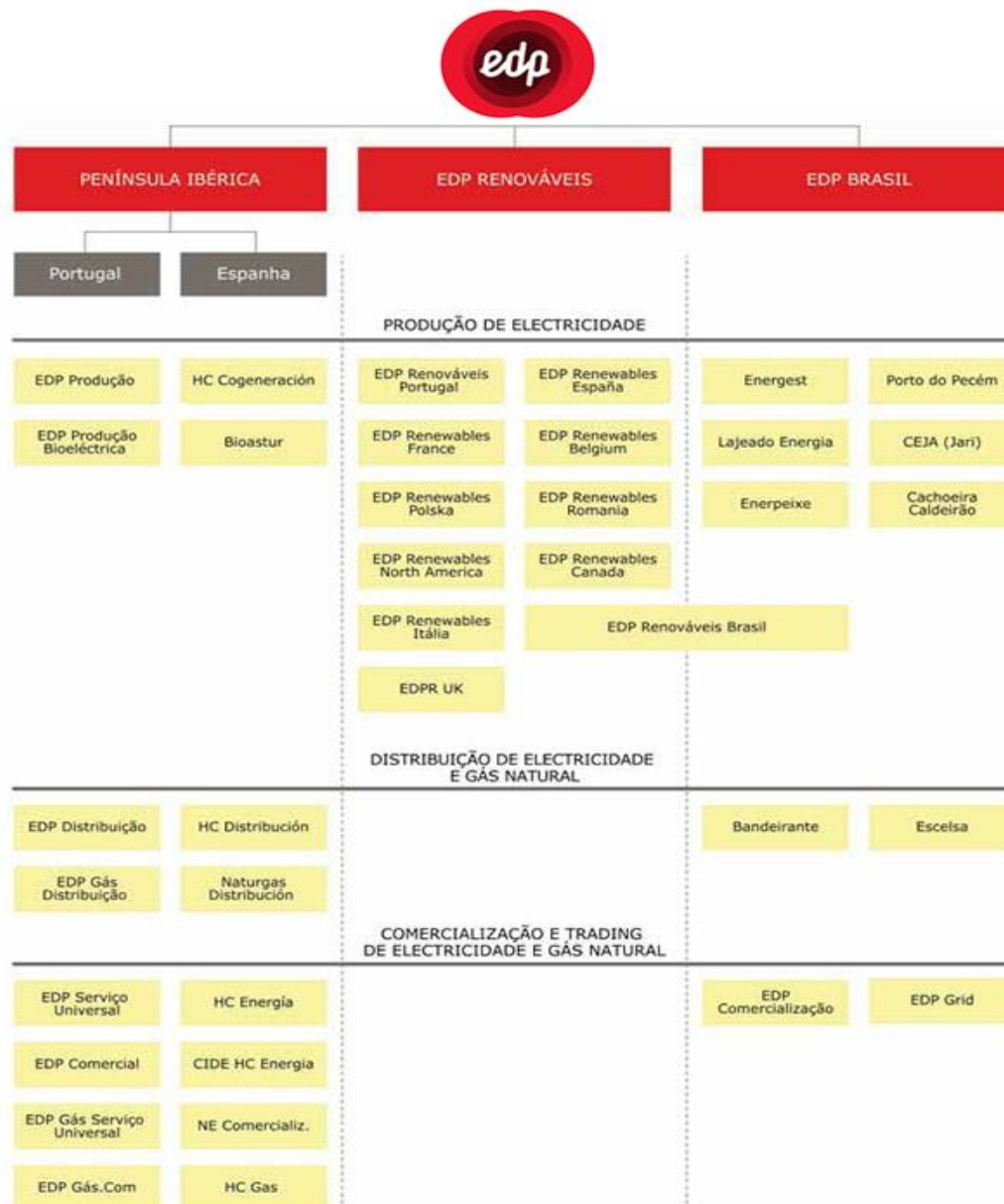


Figura 1.2 - Grupo EDP: Estrutura Geral [4]

Abordando em particular a EDPD, trata-se de uma empresa do grupo EDP que exerce a atividade de Operador de Rede de Distribuição no território de Portugal Continental, sendo titular da concessão para a exploração da Rede Nacional de Distribuição (RND) de Energia Elétrica em Média Tensão (MT) e Alta Tensão (AT), e das concessões municipais de distribuição de energia elétrica em Baixa Tensão (BT) [3]. A EDPD, como operadora

da rede de distribuição de energia elétrica, deve garantir níveis de continuidade e qualidade de serviço de acordo com as exigências do Regulamento de Qualidade de Serviço (RQS) [5] e com as necessidades dos clientes. Para tal, a EDPD possui redes de telecomunicações privativas implementadas, que acompanham toda a rede elétrica AT e MT, permitindo a monitorização e o telecontrolo da rede elétrica, de forma a garantir elevados níveis de fiabilidade, resiliência e segurança para as pessoas e bens.

Tendo como ponto de partida a área da distribuição, mais precisamente a Direção de Manutenção (DMN), que se divide em três setores de operação: Manutenção de Subestações (MNSE), Manutenção de Redes (MNRD) e Manutenção Planeamento e Controlo (MNPC) [6].

A estrutura da DMN e a forma como está distribuída, no que respeita aos departamentos e hierarquias, pode ser visualizada no Anexo A. Pode-se ainda observar a divisão dos principais departamentos na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Departamentos Principais da Estrutura da DMN

Estrutura DMN (Direção de Manutenção)		
MNPC (Planeamento e Controlo)	MNSE (Manutenção de Subestações)	MNRD (Manutenção de Redes)

O MNPC serviu de suporte para a realização deste Relatório de Estágio e, por essa razão, apresenta-se com maior detalhe.

Neste contexto, e em interligação, o MNPC pode ser dividido em:

- Estudos e Análises (MNPC-EA), que efetua a análise, o estudo, a interação entre os diferentes planos e a definição da implementação desses planos;
- Planeamento e Programação (MNPC-PP), que realiza o planeamento e a programação dos planos, realizando também acompanhamento dos diferentes acontecimentos;
- Uma área de Análise Financeira, afeta ao MNPC, que faz a monitorização dos indicadores operacionais (Capex, Opex e outros) e, ainda, a gestão financeira do orçamento, tendo em conta as necessidades da EDPD.

1.3. O Estágio

No âmbito deste estágio, a área de estudo foi a manutenção das infraestruturas de telecomunicações, que servem de base à automação e telecontrolo da rede de distribuição AT e MT da EDPD, e são cruciais para a sua eficiente condução e exploração. Desta forma, encontra-se interligada a uma vertente de manutenção, que diz respeito à DMN. Como foi mencionado na Secção 1.1.2., a DMN está dividida em três áreas de operação, sendo que o MNPC foi o departamento que serviu de suporte para a realização do estágio, tendo em conta a sua responsabilidade de planeamento da gestão do ciclo de vida dos ativos. Além do trabalho de estágio assentar essencialmente num plano de manutenção, foram também realizadas deslocações ao terreno, acompanhando elementos do MNSE - STCNT, o que permitiu obter um melhor conhecimento ao nível das situações práticas e confirmar a envolvente teórica estudada.

1.3.1. Enquadramento

O tema escolhido enquadra-se na área da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica - Eletrónica e Telecomunicações, já realizada pelo autor deste Relatório de Estágio, e mais especificamente no Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Automação e Comunicações em Sistemas Industriais, onde se integra o estágio.

Os temas abordados neste Relatório de Estágio envolvem elementos daquelas áreas, tornando-se, assim, num importante marco para consolidar e colocar em prática o conhecimento e competências adquiridos durante a formação académica. Neste ponto, é importante referir que todo o trabalho apresentado neste relatório tem por base o estágio realizado na EDP Distribuição (Coimbra) e através desse estágio foi possível obter toda a informação usada na sua elaboração.

No que respeita ao sistema de telecomunicações da rede privativa, analisado neste estudo, verifica-se que este é uma ferramenta fundamental no que concerne à manutenção da rede de distribuição, dado que permite realizar o controlo e a monitorização em tempo real de toda a rede de distribuição elétrica, por forma a garantir a qualidade de serviço e eficiência operacional requeridas.

Todas as tecnologias presentes na rede privativa de telecomunicações foram analisadas, com o objetivo de mitigar, com base no risco, os problemas da rede. Com esse objetivo, e tendo em conta as diferentes áreas de operação existentes na DMN, o MNPC foi o local ideal para a realização desta análise e para o desenvolvimento de um plano mais eficiente e capaz de responder da melhor forma aos desafios que se colocaram.

Analisando de uma forma mais detalhada, é possível referir que as atividades do MNPC prendem-se sobretudo com a: implementação, desenvolvimento e controlo do processo de gestão de ativos; análise do desempenho dos ativos técnicos e ajustamento das políticas e critérios de manutenção e revisão das suas especificações técnicas; análise de risco, identificação e seleção de medidas mitigadoras; avaliação de propostas de renovação e reabilitação de ativos; avaliação do desempenho em diferentes graus; e na implementação e desenvolvimento do processo de melhoria contínua [6].

No que respeita às empresas do setor elétrico, a utilização de redes de telecomunicações privativas permite contribuir de forma bastante positiva para avaliar as falhas, e assim resolver as situações críticas de um modo mais eficaz e seguro, no menor tempo possível, encontrando-se a EDPD em concordância com esta metodologia, por se apresentar como uma referência no que respeita à distribuição de energia elétrica na Europa.

1.3.2. Objetivos

Este Relatório de Estágio descreve todo o processo de desenvolvimento de um plano que pretende melhorar a forma como é feita a manutenção dos equipamentos da rede privativa de telecomunicações da EDPD. O tema tratado surgiu da necessidade da empresa em melhorar a manutenção realizada nos seus ativos de telecomunicações, devido à sua importância para distribuição da energia elétrica, uma vez que a manutenção realizada já não está de acordo com a nova estratégia da EDPD para a gestão dos seus ativos e os equipamentos existentes já ultrapassaram o seu tempo de vida útil, necessitando de manutenção mais capaz para prolongar os seus níveis de disponibilidade. Assim, no que respeita aos objetivos deste estágio, consistem essencialmente em avaliar todas as instalações que são da responsabilidade da EDPD, tendo em conta os sistemas de telecomunicações presentes em todas elas, de Norte a Sul de Portugal Continental; em verificar as dependências entre elas, analisar as diferenças de custos e o número de intervenções, assim como analisar especialmente as questões relacionadas com a FO, que

constitui o principal meio de transporte de toda a informação das comunicações entre as instalações. O plano de manutenção que se pretendeu criar vai ao encontro da nova política preconizada pela empresa para a gestão dos ativos, sejam eles das telecomunicações ou outros, e que assenta numa política baseada na condição e no risco, avaliando assim o impacto causado por uma falha e a probabilidade dessa falha acontecer.

O plano de manutenção que foi desenvolvido durante o estágio será afeto ao MNSE, que é responsável pela manutenção dos equipamentos das instalações, e ao MNRD, que terá a cargo as Ligações FO. Assim, ambos os departamentos ficarão com uma ferramenta mais eficiente para a realização das respetivas manutenções, o que irá com certeza contribuir de forma bastante significativa para aumentar a eficiência e diminuir o tempo de indisponibilidade de toda a rede.

1.4. Estrutura do Relatório de Estágio

Tendo como base a descrição anterior optou-se por dividir este relatório em oito capítulos, que vão permitir apresentar todo o trabalho desenvolvido no âmbito deste estágio: o estudo das tecnologias da rede, a análise dos casos mais críticos para a rede, soluções mitigadoras, as medidas para melhorar a manutenção e os resultados/conclusões que se podem prever com a implementação da nova estratégia.

Assim, este Relatório de Estágio está dividido da seguinte forma:

No **Capítulo 1** é feita uma explicação do tema deste relatório, passando à apresentação do grupo EDP, realçando o seu peso no mercado e os seus locais de atuação, e referência aos objetivos e ao enquadramento do estágio realizado na EDPD.

No **Capítulo 2** realiza-se uma demonstração das tecnologias existentes na rede privativa de telecomunicações da EDPD, descrevendo cada uma delas. Desta forma, será possível obter informações sobre a rede de FO, as tecnologias PDH, SDH, *Ethernet*/IP, Correntes Portadoras (PLC), Rádio VHF e Rádio Microondas, bem como dar a conhecer um pouco do avanço na melhoria das tecnologias/equipamentos atuais.

No **Capítulo 3** é abordado o tema da manutenção e feita uma abordagem das diferentes estratégias de manutenção utilizadas nos sistemas industriais, as quais servem de auxílio para a criação dos diferentes planos de manutenção.

No **Capítulo 4** encontra-se a caracterização das diferentes avarias e o seu relacionamento com as diferentes tecnologias da rede privativa de telecomunicações, permitindo retirar conclusões sobre o tipo de avarias mais comuns em cada tecnologia.

No **Capítulo 5** é apresentado o entendimento da forma como foi caracterizado o risco de falha dos ativos, fazendo uma abordagem relativamente à matriz de criticidade de telecomando e à matriz de risco, uma referência seguida pela empresa para avaliar o impacto relativamente a uma falha.

No **Capítulo 6** é elaborado o estudo das conclusões retiradas de toda a análise e apresentação da proposta de manutenção, resultante do culminar das análises realizadas nos dois capítulos anteriores, fazendo referência ainda a uma aplicação prática da nova estratégia de manutenção para obtenção de custos associados ao trabalho realizado pela EDPD para a EDP Renováveis (EDPR) e para a EDP Produção (EDPP), duas empresas do grupo.

No **Capítulo 7** é feita uma análise da rede de FO, com uma caracterização das avarias, elaboração de um modelo de cálculo do índice de saúde para as ligações, criação de um plano de manutenção para a realização de MPS e estudo da implementação de unidade de teste ótico, de forma a monitorizar as ligações em tempo real e alertar para problemas nas infraestruturas da rede FO.

Finalmente, no **Capítulo 8** são demonstradas as conclusões retiradas de todo o plano e dos temas abordados neste Relatório de Estágio, permitindo consolidar os resultados obtidos, em cada etapa. Por último, deixam-se sugestões de melhoria relativamente à proposta apresentada, alerta-se para possíveis alterações a realizar no futuro, de acordo com a evolução das presentes tecnologias na rede privativa de telecomunicações da EDPD e referem-se ainda alguns aspetos sobre o estágio aqui apresentado.

De referir ainda que nos **Anexos** é apresentada a estrutura da DMN, são demonstrados cálculos auxiliares para a elaboração do plano de manutenção e são abordados os *Workshops* realizados e as atividades de acompanhamento no terreno.

2. SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES NA EDP DISTRIBUIÇÃO

As telecomunicações serviram, sem dúvida, para melhorar a comunicação ponto a ponto, uma vez que permitiram a transmissão de informação a longas distâncias de uma forma mais rentável e viável. Existem vários modos de comunicação - unidirecional, bidirecional e de difusão, permitindo o seu conjunto construir uma rede de comunicações entre vários utilizadores. No entanto, o meio de transmissão e os equipamentos usados por cada um deles podem ser diferentes dentro da mesma rede [7].

A EDP, apesar de ser uma referência no que respeita à distribuição de energia elétrica, não é uma empresa que englobe somente sistemas de energia. As telecomunicações são uma área bastante presente na estrutura da empresa, por se tornarem uma mais-valia para a qualidade e disponibilidade da distribuição da energia elétrica para o utilizador final.

Assim, é necessário utilizar ferramentas de forma a garantir a monitorização e o controlo das suas linhas de distribuição. A estrutura da rede da EDPD utiliza Redes Fixas, salientando as ligações de FO, os sistemas SDH, PDH e *Ethernet/IP* e também Redes Rádio, que englobam sistemas VHF e Microondas, e uma minoria de outros sistemas, como é o caso das Correntes Portadoras (PLC). É possível referir outras tecnologias associadas à rede, como os sistemas baseados no *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) e no TETRA. Contudo, a primeira só está agora a começar a ser implementada e a segunda foi apenas testada em projeto piloto e até à data não foi ainda adotada.

Todo este conjunto de tecnologias/equipamentos permite recolher informação em tempo real das condições da rede elétrica e desta forma aumentar a fiabilidade do sistema, permitindo que o serviço de distribuição de energia melhore a sua qualidade e a sua eficiência.

2.1. Redes Fixas

As redes fixas são um caminho físico para a realização da comunicação. Nos casos em estudo e tendo como base as tecnologias usadas pela EDPD, é possível referir cinco tipos de Redes Fixas, encontrando-se a FO no topo da cadeia de comunicação, uma vez que as

redes SHD e PDH encontram-se suportadas por esta. No caso das redes *Ethernet/IP*, foram as últimas a serem implementadas e atualmente está em expansão a sua utilização, com a instalação das redes MPLS. Por outro lado, as ligações de Correntes Portadoras estão em fase de “abandono”, existindo poucas em funcionamento.

2.1.1. Fibra Ótica

A FO trata-se de um meio de transmissão que utiliza um sinal de luz. Permite criar meios de transmissão com grande largura de banda, o que se traduz em grandes quantidades de informação a circular no mesmo meio, sendo que toda a transmissão apresenta elevadas velocidades de comunicação e consegue realizar o processo de forma fiável e para longas distâncias. É constituída essencialmente por um revestimento em plástico ou silício de forma cilíndrica e no seu interior apresenta a bainha e o núcleo, onde se propaga a luz [8]. Esta tecnologia é considerada dielétrica, uma vez que não é afetada pelas interferências eletromagnéticas, sendo assim uma boa aliada para usar junto das linhas de distribuição de energia elétrica ou em ambientes em que os equipamentos elétricos são uma constante. Na Figura 2.1 apresenta-se a estrutura de uma FO.

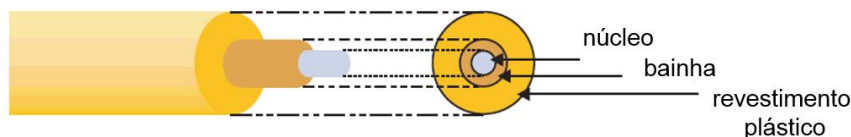


Figura 2.1 - Fibra Ótica [9]

Para que a luz se propague na fibra, é necessário a existência de um fenómeno chamado de reflexão. Este fenómeno é fundamental para que a luz que entra pelo núcleo consiga atravessar a fibra até à outra extremidade, no entanto, nem toda a luz inicial consegue percorrer a fibra, devido à luz que é refratada, em vez de refletida, ou caso existam perdas por atenuação ou dispersão. Ambos os fenómenos encontram-se ilustrados na Figura 2.2.

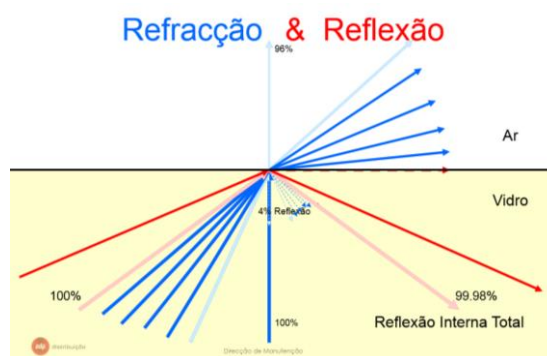


Figura 2.2 - FO: Refracção e Reflexão [9]

Existem dois tipos de FO baseados em conceitos diferentes: a monomodo e a multimodo. Essencialmente, a diferença existente entre estes dois tipos de fibras está relacionada com a forma como cada uma permite a propagação.

No que respeita às fibras multimodo, ilustradas na Figura 2.3, foram as primeiras a surgir e permitem a utilização de diferentes tipos de propagação na mesma fibra. Por essa razão, poder-se-ia considerar que teria uma utilização mais frequente devido a essa flexibilidade, mas como será possível constatar não é exactamente assim.

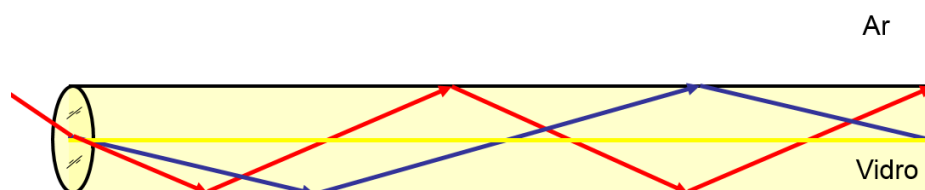


Figura 2.3 - Fibra Ótica Multimodo [9]

O facto de permitir vários tipos de propagação pode levar a que na extremidade oposta, onde chega a luz e quando se dá a interpretação da informação, os níveis dos bits enviados não consigam ser verificados na sua totalidade, acabando por existir perdas de informação. A este fenómeno chamamos de dispersão modal, que está assim associado às fibras multimodo. Este tipo de FO é normalmente associado à primeira janela do espectro utilizado na transmissão de luz em fibras óticas, o que se traduz num comprimento de onda de transmissão de 850 nm.

As fibras monomodo, representadas na Figura 2.4, não permitem diferentes modos de propagação, conseguindo eliminar os problemas provocados pela dispersão modal. Este

tipo de FO encontra-se associado à segunda e à terceira janela do espectro, o que se traduz num comprimento de onda de transmissão de 1310 nm ou 1550 nm, respetivamente.

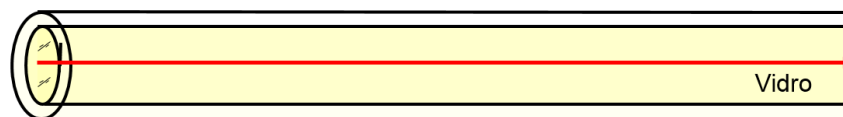


Figura 2.4 - Fibra Ótica Monomodo [9]

Apesar da FO ser considerada fiável, existem dois aspetos a ter em conta quando se efetua a instalação de uma ligação. São elas a distância necessária e a quantidade de informação a ser transmitida, e consequente limitação da largura de banda. Após esta reflexão, estamos preparados para escolher o tipo de FO que mais se adequa às nossas necessidades.

As Janelas Espectrais podem ser analisadas na Figura 2.5.

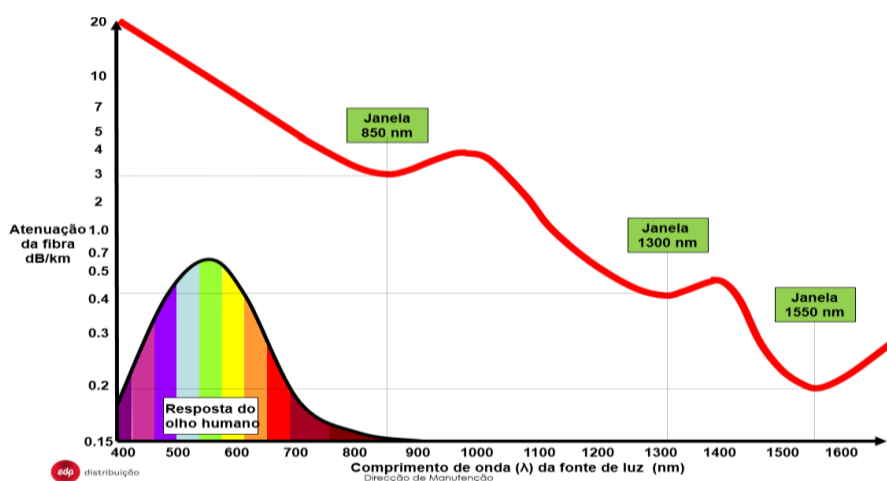


Figura 2.5 - FO: Comprimento de Onda, Atenuação e Janelas Espectrais [9]

2.1.1.1. Rede e Tipos de Cabo na EDP Distribuição

A EDP foi uma das primeiras empresas em Portugal a criar a sua rede de comunicações baseada em Ligações FO, apresentando neste momento uma rede que ultrapassa os 7.000 km. De salientar que, além de servir de suporte para a comunicação da rede privativa, a rede FO é, em parte, cedida a outros operadores para as suas comunicações e que a EDP denomina por “fibra escura”. Por essa razão, tem que ser mantida em

funcionamento sem perturbações ou danos, de forma a evitar a diminuição da qualidade de serviço, tanto dos serviços privativos da EDPD, como dos outros operadores [10].

As Ligações FO servem para realizar inúmeras comunicações entre diferentes instalações, sejam elas subestações, edifícios administrativos e edifícios técnicos (Centros de Despacho e Condução e *Data Centers*) ou até mesmo voz corporativa (Comunicações Telefónicas), através de infraestruturas aéreas ou subterrâneas. Assim, pode-se afirmar que o número de ligações existente é elevado e a sua instalação inicial teria que ser sustentada em muitas das redes de distribuição de energia elétrica que já existiam, para a rentabilização de custos em infraestruturas. Na Figura 2.6 é apresentada a rede FO de Portugal Continental.

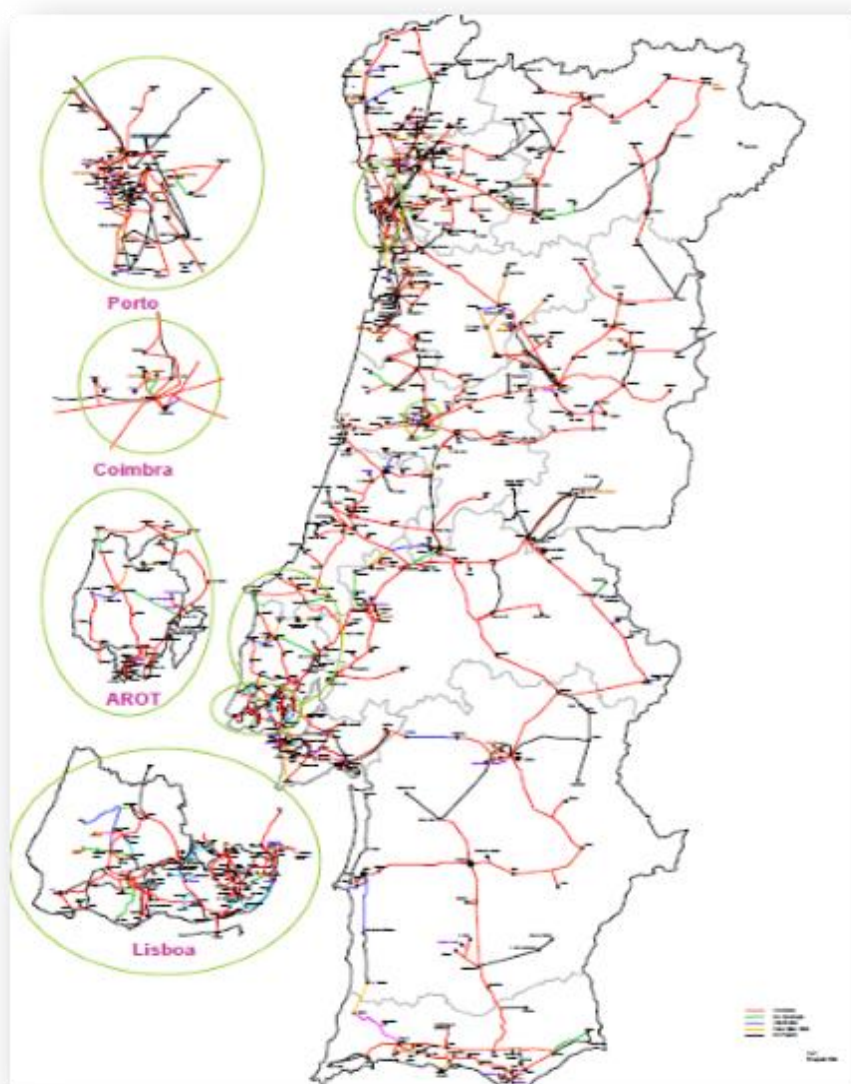


Figura 2.6 - Rede de Fibras Ópticas da EDP Distribuição [10]

Tendo em consideração a análise feita no que respeita aos tipos de FO existentes e aos problemas associados a cada um deles, a EDPD concluiu que, nas suas ligações, iria usar a fibra do tipo monomodo, com um comprimento de onda de transmissão de 1310 nm, na maioria dos casos. Dessa forma, iria evitar aos problemas relacionados com a dispersão modal, que seriam significativos, tendo em conta as elevadas velocidades de transmissão. Adicionalmente, foram minimizados os problemas referentes à atenuação, aproximando-se dos 200 km de ligação, sem que seja necessário a utilização de caixas de fusão, para a união de uma nova fibra. O comprimento de onda de 1550 nm também é usado, principalmente quando se trataram de ligações que envolvem diretamente sistemas SDH [9].

No que diz respeito aos tipos de cabo usados para suportar a FO, a EDPD utiliza:

❖ OPGW (*Optical Power Ground Wire*)



Figura 2.7 - Cabo OPGW

Na Figura 2.7 é possível observar um corte de um cabo OPGW, que é constituído por liga de alumínio no seu exterior e fios de aço inoxidável (AST) no seu interior, sendo estes acompanhados por um tubo de aço inoxidável oco com 24 ou 48 fibras no seu interior (modelos usados pela EDPD). Este tipo de cabo é instalado nas ligações aéreas, servindo também de cabo de guarda.

❖ ADSS (*All Dielectric Self-Supported*)



Figura 2.8 - Cabo ADSS

O cabo ADSS é utilizado para ligações semelhantes ao cabo OPGW, no entanto a instalação deste tipo de cabo é realizada na zona inferior da ligação aérea.

É possível observar na Figura 2.8 um corte de um cabo ADSS que é composto por 3 camadas principais: uma envolvente exterior de polietileno, seguido de kevlar, com características de resistências antibalística e novamente uma camada de polietileno, onde no seu interior se encontram as fibras ópticas.

❖ Dielétrico de Conduta



Figura 2.9 - Cabo Dielétrico de Conduta

Com utilização em ligações subterrâneas, é muitas vezes utilizado para a ligação entre as caixas de fusão e o interior das instalações (subestações ou outros *sites*). Na Figura 2.9 é possível observar um corte deste tipo de cabo, que é composto por um revestimento exterior de polietileno, com uma segunda camada em alumínio, para proteção contra a água ou roedores, onde no seu interior se localizam as fibras ópticas.

❖ *Microcable*

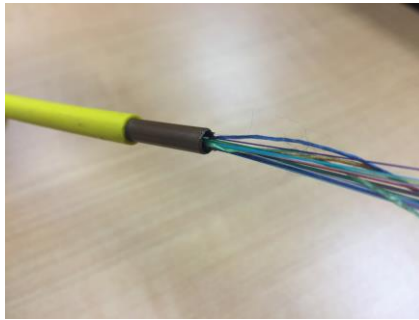


Figura 2.10 - Cabo *Microcable*

Na Figura 2.10 apresenta-se um cabo *Microcable*, com revestimento exterior de HDPE, que é um tipo de polietileno mais resistente, seguido de um envolvente metálico para proteção das infiltrações de água e que contem no seu interior as fibras óticas.

❖ “Figura 8”;



Figura 2.11 - Cabo "Figura 8"

Este tipo de cabo apresentado na Figura 2.11 é muito semelhante ao Dielétrico de Conduta, visualizado na Figura 2.9, no entanto é composto adicionalmente por um cabo de aço, como forma de guia.

O cabo OPGW e o ADSS são ambos suportados pelas infraestruturas aéreas e por essa razão encontram-se normalmente associados às linhas AT, no caso do OPGW, e às linhas AT/MT, no caso do ADSS, enquanto os restantes utilizam infraestruturas subterrâneas,

devido à sua utilização para o acesso às subestações, aos edifícios ou para passagem em zonas habitacionais.

De seguida são apresentados dois exemplos de uma Ligação FO, na Figura 2.12 com cabo OPGW e Dielétrico de Conduta e na Figura 2.13 com cabo ADSS e Dielétrico de Conduta.

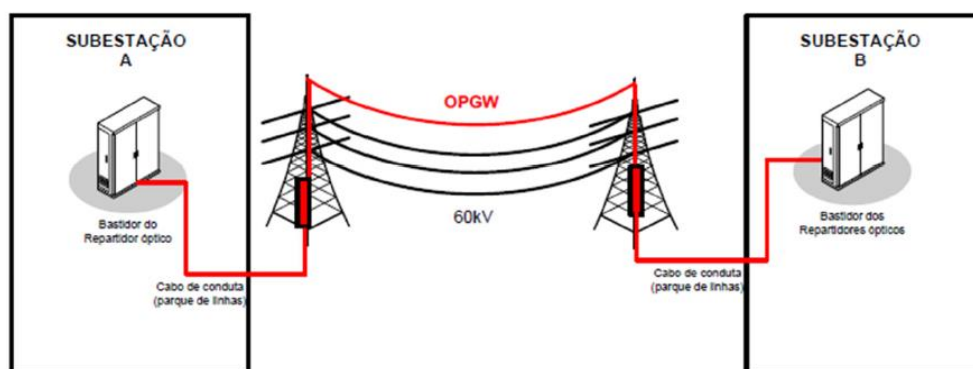


Figura 2.12 - Ligação FO: OPGW & Dielétrico de Conduta [9]

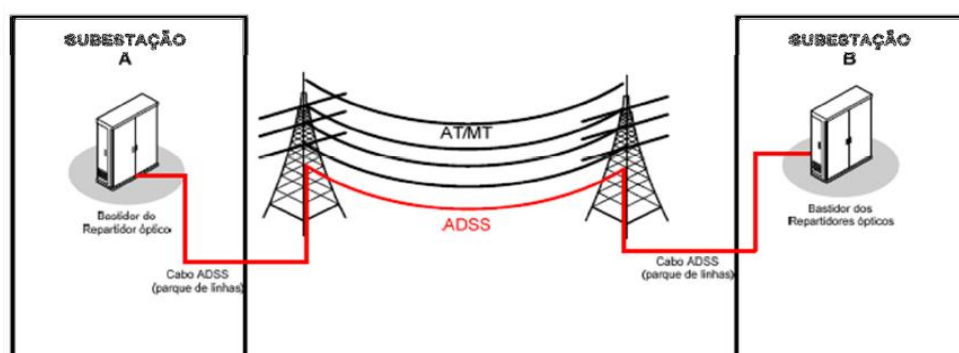


Figura 2.13 - Ligação FO: ADSS & Dielétrico de Conduta [9]

2.1.2. PDH – *Plesiochronous Digital Hierarchy*

A tecnologia PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) é um sistema capaz de criar canais de comunicação digital entre diferentes equipamentos e entre diferentes tipos de interface. A informação é enviada através de amostras temporais (sinal), onde a informação dos equipamentos se encontra desfasada no tempo de um certo intervalo.

De forma a realizar a amostragem do sinal, o PDH implementa ao nível base uma codificação de 8 bits por amostra e 8000 amostras por segundo, o que corresponde a um débito de 64 kbit/s. Todavia, um canal único de 64 kbit/s torna-se bastante limitado em muitas aplicações industriais, e por essa razão foi criada a técnica PCM 30, que permite agrupar até 30 canais para a informação e 2 canais de serviço para auxiliar na descodificação do sinal [11].

Em conjunto com a técnica PCM utiliza-se a multiplexagem por divisão no tempo, chamada de TDM (*Time Division Multiplex*), criando assim uma trama composta por *time-slots*, onde está distribuída a informação que se pretende transmitir.



Figura 2.14 - PDH: exemplo de uma Trama [9]

Tendo em consideração a explicação anterior, podemos afirmar que a construção de um grupo com 30 canais dá origem a um canal de comunicação com um débito de 2 Mbit/s e que é usado para trocas de informação.

A tecnologia PDH foi das primeiras a ser usada pela EDPD na sua rede privativa de telecomunicações. No entanto, com a evolução, foi necessário melhorar a rede, principalmente com a introdução dos sistemas óticos, os quais não conseguiam comunicar diretamente com os equipamentos de tecnologia PDH.

Atualmente, os sistemas que utilizam esta tecnologia são usados pela EDPD na interligação de diversos equipamentos que constituem uma subestação ou outra instalação, com principal destaque para a ligação às RTU e para realizar a ponte entre os equipamentos e a rede SDH ou Ethernet/IP, que serão abordadas nas Secções 2.1.3 e 2.1.4, respetivamente. Se a instalação for constituída por um sistema de Rádio, o equipamento PDH fará a ponte entre esse sistema e a rede SDH.

2.1.3. SDH – *Synchronous Digital Hierarchy*

A tecnologia SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) está presente em equipamentos digitais que permitem realizar uma multiplexagem no domínio do tempo, conhecida como, TDM (*Time Division Multiplex*). Desta forma, a informação é convertida em pequenas janelas temporais, em que a soma de todas elas dá origem a uma trama. No caso do SDH, a divisão é feita de uma forma síncrona e essa sequência é guardada num dos *time-slots*, de forma a garantir que após a desmultiplexagem, no outro extremo da comunicação, a informação se mantém sem alterações.

Cada trama apresenta um débito de 2 Mbit/s de informação, no entanto, esse valor corresponde à informação máxima que um equipamento PDH consegue enviar de cada vez, no caso do SDH, o mesmo consegue enviar múltiplas tramas ao mesmo tempo, o que representa uma taxa elevada de bits disponíveis [11].

Um dos pontos fortes desta tecnologia é a sua capacidade de redundância automática, que se torna numa mais-valia. Assim, em caso de interrupção de uma ligação, o próprio sistema procura ligações alternativas para enviar a informação até à instalação que perdeu a comunicação direta anterior. De salguardar que, para a realização deste processo, é necessário atribuir manualmente os caminhos disponíveis, quando se configura o sistema, definindo um caminho principal e os alternativos.

A instalação desta tecnologia SDH veio colmatar algumas desvantagens verificadas na tecnologia PDH, já analisada anteriormente. É importante referir que a informação transmitida pode ter origem em sistemas PDH ou SDH, ou seja, os equipamentos SDH conseguem interpretar também os sinais que tiveram origem em equipamentos PDH. Na Tabela 2.1 apresentam-se as vantagens do SDH em relação ao PDH.

Tabela 2.1 - Vantagens do SDH em relação ao PDH

Vantagens do SDH em Relação ao PDH	
Elevadas Taxas de Transmissão.	Função ADD & DROP, menos elementos para a realizar a multiplexagem/desmultiplexagem.
Fácil Interligação entre Elementos da Rede.	Elevada Fiabilidade.

2.1.4. Ethernet/IP

A evolução das tecnologias permitiu verificar que para se conseguir uma rede mais fácil de organizar e minimizar algumas das falhas verificadas, principalmente dos equipamentos PDH - que não têm a possibilidade de implementar redundância do caminho de comunicação, foram introduzidos equipamentos com tecnologia Ethernet/IP.

Esta tecnologia utiliza *routers* e *switches* na sua arquitetura e permite mapear diferentes IP para cada função. Passou-se assim a utilizar uma rede que permite redundância automática, mas que se torna mais eficiente que o SDH, porque a gama de endereços faz também reconfiguração automática, mas com vários caminhos disponíveis.

O único aspeto negativo relativamente à instalação da rede *Ethernet/IP* foram os problemas verificados com os *routers/switches*, que não eram suficientemente robustos para suportar o ambiente industrial. No entanto, principalmente devido à sua capacidade de permitir que todos os interfaces possam ser ligados diretamente no mesmo equipamento e desta forma concentrar os serviços na mesma plataforma, é sem dúvida a solução para o futuro.

O protocolo TCP/IP encontra-se presente nesta tecnologia e é através dele que é feita a gestão dos pacotes de dados que transportam a informação. A gestão da gama de IP vai alterando tendo em conta interrupções na rede, mas é sempre necessário realizar uma configuração inicial para permitir que todos os *routers* se encontrem identificados e que todos tenham a informação da existência de outros equipamentos semelhantes na rede.

A comunicação é realizada através de VLAN, onde cada instalação tem a sua própria POOL na mesma gama de IP, atribuindo a cada ligação um endereço dessa gama de IP.

2.1.5. Correntes Portadoras (PLC)

Esta tecnologia aproveita as linhas AT e MT para realizar a transmissão de informação e por isso é conhecida como *Power Line Communications* (PLC). Devido à utilização de dois sistemas na mesma linha, o elétrico e o de comunicação, é necessário utilizar frequências diferentes, para que se consiga garantir a separação entre ambos. Desta forma, o sistema elétrico utiliza uma frequência de 50 Hz, enquanto o sistema de comunicações utiliza frequências entre os 25 kHz e os 500 kHz.

Existem muito poucos equipamentos deste tipo na rede e possivelmente mesmo os que estão identificados, já não se encontram todos em funcionamento. No entanto, foram considerados na proposta de manutenção apresentada neste Relatório de Estágio.

Atualmente encontram-se em desuso, muito por culpa da necessidade de uma maior largura de banda, o que levou à utilização das ligações de FO, por exemplo, em detrimento desta tecnologia.

2.1.6. Rede MPLS

A evolução nas redes de comunicação é uma constante e a EDP, sendo uma empresa virada para a inovação e para o futuro, não podia deixar de tentar encontrar novas técnicas para utilizar, principalmente, na sua rede privativa de telecomunicações.

Por essa razão e tendo em vista a melhoria do sistema de comunicações, para uma maior disponibilidade dos serviços e para conseguir aumentar cada vez mais o controlo sobre os acontecimentos na rede, apresenta-se nesta Secção 2.1.6 uma das novas tecnologias que já foi adotada pela EDP, que está ser instalada em todas as novas subestações, e que irá progressivamente substituir os equipamentos usados atualmente na parte da rede fixa de todas as instalações da rede.

A rede MPLS é uma aposta no futuro e vai ao encontro da tendência já verificada na fase em que foram instalados os primeiros equipamentos *Ethernet/IP*.

As subestações mais recentes estão a ser equipadas com estes sistemas, que funcionam de uma forma muito similar aos equipamentos com tecnologia *Ethernet/IP* mas que, no seu todo, englobam mais tecnologias/serviços. Assim, cada sistema agrega todos os equipamentos presentes na instalação e permite disponibilizar alguns serviços, funcionando como uma rede de multisserviços.

Conforme afirmado anteriormente, os *routers* podem ser um problema em ambientes industriais, demonstrando baixa fiabilidade, o que se traduz num serviço de pouca confiança. A introdução do protocolo *Multiprotocol Label Switching* (MPLS), através dos novos equipamentos, tornou-se importante para a diminuição desses problemas, fazendo com que os *routers* perdessem algumas das funções de encaminhamento/agregação, ficando apenas responsáveis pela recolha de informação dos equipamentos de controlo da subestação [12]. Desta forma, a informação de cada subestação é recolhida através de

ligações *Virtual Lan Area Network* (VLAN), ou seja, ligações *Ethernet* com um determinado IP atribuído pelo *router* que, por sua vez, a encaminha para um ponto agregador, que está por sua vez ligado ao sistema com protocolo MPLS que trata a informação e a envia para o Centro de Comando. Esta instalação, responsável pela gestão da informação, recebe os dados e mostra os diferentes serviços nas suas plataformas específicas (SCADA, Qualidade da Energia e Telecontagem).

Neste contexto, encontra-se ilustrada na Figura 2.15 a arquitetura de uma rede MPLS.

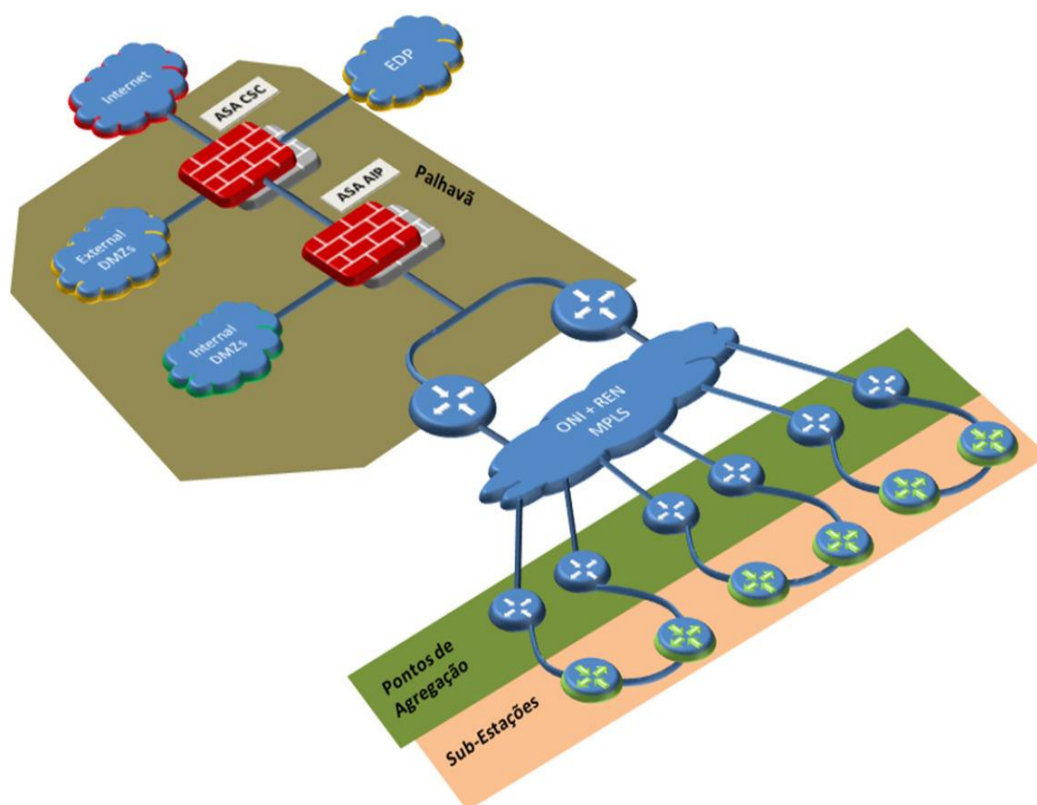


Figura 2.15 - Arquitetura de uma Rede MPLS [12]

Como já foi referido, a tecnologia MPLS tem como objetivo a criação de um sistema de multisserviços e, por essa razão, está também inserida na nova filosofia das “subestações do futuro”, um projeto que está em fase de estudo, com o auxílio de vários parceiros da EDP, para tornar a rede ainda mais inteligente, isto é, numa *Smarter Grid*, dotando as subestações de maiores elementos de sinalização/deteção. Outro ponto importante é a disponibilização de uma ligação segura à *Intranet* da empresa, a partir de uma subestação, sem comprometer a segurança.

2.2. Redes Rádio

No que respeita às redes rádio, as mesmas são utilizadas numa comunicação sem fios entre vários elementos da rede. Muitos destes sistemas servem de base para a comunicação móvel corporativa.

Os sistemas de rádio VHF são os mais antigos e continuam a ser usados em todos os repetidores, mesmo que tenham sido deixados apenas como equipamentos de reserva. Esta alteração deveu-se à utilização de um novo sistema de rádio Microondas, mais atual e que se traduziu, até à data, numa minimização de algumas anomalias registadas aquando da utilização dos sistemas rádio VHF.

Outras tecnologias de comunicação rádio são também apresentadas, com especial destaque para a tecnologia GSM/GPRS e para o TETRA, que apesar de ser um conceito relativamente antigo, não deixa de fazer sentido na atualidade.

O projeto de ligações rádio é uma área específica da engenharia das telecomunicações [13] sendo suportado pelo conhecimento dos fenómenos de propagação e radiação de ondas eletromagnéticas [14].

2.2.1. Rádio VHF

As ligações rádio através de *Very High Frequency* (VHF) permitem comunicações de curtas distâncias, no máximo - cerca de 10 km, dependendo da frequência usada na transmissão. Este tipo de comunicação rádio utiliza uma gama de frequências entre os 30 MHz e os 300 MHz.

Na EDPD, este tipo de ligações rádio é usado para auxiliar os operacionais no terreno, servindo de base para a fonia, ou seja, comunicações de voz, que são independentes de outros serviços externos, como é o exemplo das operadoras de serviços móveis. Além do serviço de fonia, a EDPD, utiliza esta rede de rádio VHF para realizar o Telecomando da Média Tensão (TCMT), o que, em termos práticos, se traduz na utilização de estações emissoras e unidades repetidoras, no sentido de realizar a cobertura de uma dada área onde se pretende controlar os elementos da MT.

Atualmente, a EDPD dispõe de entre 100 a 120 equipamentos repetidores, para permitir a cobertura de todas as áreas necessárias, principalmente devido ao TCMT. O débito deste tipo de comunicação é de 1200 bps na banda dos 80 MHz.

É importante referir que este tipo de comunicações está muito dependente da antena usada para a transmissão do sinal, o que, como será possível perceber no Capítulo 4 deste Relatório de Estágio, é um dos entraves para se continuar a utilizar esta tecnologia.

2.2.2. Rádio Microondas

Os Feixes Hertzianos ou Ligações por Microondas foram, sem dúvida, uma evolução, e vieram aumentar as potencialidades das redes rádio.

Um *link* Microondas é uma sistema de transmissão ponto-a-ponto, entre dois elementos fixos, utilizando antenas direcionais para garantir uma comunicação consistente. Por essa razão e aliado ao facto das suas ligações serem realizadas a frequências elevadas, entre os 250 MHz e os 22 GHz, tem a capacidade de transmitir grandes quantidades de informação a longas distâncias. A principal situação a ter em conta está relacionada com o posicionamento das antenas e à necessidade das mesmas terem que se encontrar em linha de vista uma com a outra.

A EDPD aproveitou a evolução para dotar as suas redes rádio com esta tecnologia, passando a utilizar ligações Rádio Microondas para fonia e TCMT, mas, principalmente, em alguns casos para o Telecontrolo de Subestações (TCSE) e supervisão de Centrais Produtores (Parques Eólicos ou Barragens).

Em muitos casos, os *links* Microondas encontram-se ligados à micro Unidade Remota de Rede (microURR), que, por sua vez, se encontram dentro de uma subestação e permitem então realizar o TCSE. Para estas ligações, a frequência usada é de 1,4GHz.

2.2.3. Outras Tecnologias Rádio

Apesar de se considerar as tecnologias mencionadas anteriormente, existem outras cuja importância merece relevância e que estão presentes na EDPD.

Nesta descrição, serão apresentadas outras tecnologias nas Secções 2.2.3.1 e 2.2.3.2.

2.2.3.1. GSM/GPRS

O serviço GSM, inicialmente chamado de 2G, acrescentou mobilidade ao antigo serviço telefónico tornando-se no sistema de comunicações móveis com maior sucesso, com mais de 784 redes a operar em mais de 210 países. Além do serviço telefónico, os utilizadores deste sistema podem utilizar serviços de mensagens, *Short Message Service* (SMS), de multimédia, *Multimedia Messaging Service* (MMS), e de dados, *General Packet Radio Service* (GPRS), que ficou conhecido como serviço 2.5 G.

O GSM é um sistema digital que utiliza o meio radioelétrico e como tal necessita de frequências onde operar - a banda disponível para o serviço é a dos 900 MHz. Para o *uplink* (transmissão do móvel para a estação base), usa uma banda entre os 890 MHz e os 915 MHz e para o *downlink* (transmissão da estação base para o móvel) entre os 935 MHz e os 960 MHz. Em Portugal, existem três operadores que dispõem de infraestruturas rede móvel baseadas na tecnologia GSM, sendo que cada um deles opera num conjunto de frequências distinto, atribuído pela ANACOM. A Tabela 2.2 apresenta as diferentes atribuições de frequência na banda dos 900 MHz [15].

Tabela 2.2 - Banda e Canais das Principais Operadoras Portuguesas

Operadora	<i>Uplink</i> (MHz)	<i>Downlink</i> (MHz)	Nº de Canais
Vodafone	890,2 – 898,2	935,2 – 943,2	40
MEO	906,0 – 913,8	951,0 – 958,8	39
NOS	898,3 – 905,8	943,3 – 950,8	39

No que diz respeito à EDPD, este tipo de tecnologia é usada na sua maioria em sistemas de controlo TCMT. Como foi possível perceber na abordagem do Rádio VHF, na Secção 2.2.1 e do Rádio Microondas, na Secção 2.2.2, ambos permitem o acesso às unidades TCMT, porém, com a evolução e a estabilidade apresentada pelo serviço GSM/GPRS, devido à sua enorme cobertura, a EDPD está a adotar esta tecnologia, que em muitos casos se encontra ainda numa fase de teste. Como se pode perceber, este serviço está dependente de terceiros e, por essa razão, as probabilidades de uma falha ocorrer não são na sua totalidade controladas pela EDPD. Por esse motivo, estão a ser tomadas medidas auxiliares para tentar alertar o provedor de serviços externos, antes de

uma falha ocorrer, principalmente por indisponibilidade ou baixo nível de sinal. Exemplo disso são os mini sistemas de monitorização constante, para medir os níveis de qualidade e potência do sinal.

2.2.3.2. TETRA

O sistema *Terrestrial Trunked Radio* (TETRA) é uma norma Europeia para o sistema de redes de radiocomunicações móveis dirigido a utilizadores profissionais. Suporta um vasto leque de aplicações, desde comunicações de voz e dados, transferência de ficheiros, acesso a base de dados e serviços de localização, pelo que se poderia tornar numa excelente tecnologia a adotar pela EDPD.

A norma TETRA, cujas principais características estão presentes na Tabela 2.3, foi desenvolvida ao longo dos anos através da cooperação entre fabricantes, utilizadores, operadores e outros especialistas, aproveitando as lições e as técnicas dos sistemas de rádio privado analógico e dos desenvolvimentos, com sucesso, dos sistemas GSM. Utiliza a tecnologia *Time Division Multiplex Access* (TDMA), com 4 canais de comunicação independentes, numa largura de banda de 25 kHz, o que resulta numa utilização extremamente eficiente do espectro radioelétrico.

Tabela 2.3 - Principais Características do Sistema TETRA (adaptado de [16])

Parâmetros	Valor
Distância entre portadoras	25 kHz
Modulação	p/4 - DQPSK
Método de acesso	TDMA com 4 time-slots por portadora
Débito binário por portadora RF	36 kbit/s
Débito binário do utilizador	7.2 kbit/s
Débito binário máximo do utilizador	28.8 kbit/s (4*7.2 kbit/s)
Codificador de voz	ACELP a 4.56 bit/s

O Supervisor deste estágio na EDPD foi um dos responsáveis pelo desenvolvimento do estudo do projeto piloto para a utilização desta tecnologia, de acordo com as necessidades

da EDPD, suportado na rede de comunicação do sistema integrado das redes de emergência e segurança de Portugal (SIRESP). No entanto, apesar do potencial e adequação às necessidades da empresa, não foi ainda possível implementar em larga escala uma rede baseada nesta tecnologia ou outra que responda igualmente aos exigentes requisitos da EDPD.

3. POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO

Atualmente, todos os ativos do sistema de telecomunicações/telecontrolo são tratados recorrendo à utilização de uma metodologia de manutenção corretiva, preventiva condicionada, ou preventiva sistemática (com base na tecnologia).

O objetivo é atualizar essa política de manutenção, de forma a criar um sistema com maior fiabilidade, diminuindo os custos, mas mantendo a qualidade de serviço [17]. Antes de começar a abordar esta política, apresentam-se de seguida alguns conceitos relacionados com a manutenção.

3.1. Gestão de Ativos

A gestão de ativos da EDPD é realizada com base numa estratégia de manutenção e substituição de ativos, enquanto as melhores práticas e as mais atuais preconizam uma abordagem diferente para a gestão dos ativos técnicos, onde o ciclo pode ser visualizado na Figura 3.1.

A atual gestão é marcadamente reativa e retrospectiva, baseada essencialmente na análise de históricos de indicadores de qualidade de serviço e avarias, o que está em harmonia com a especificação Britânica PAS 55:2008. A nova mudança de paradigma prevê que a gestão de ativos passe a ter como requisito a norma BSI PAS 55:2008, de forma a ficar em concordância com as melhores práticas internacionais, passando assim a uma abordagem baseada no risco e na condição dos ativos, ou seja, atuando de uma forma mais proactiva [18].

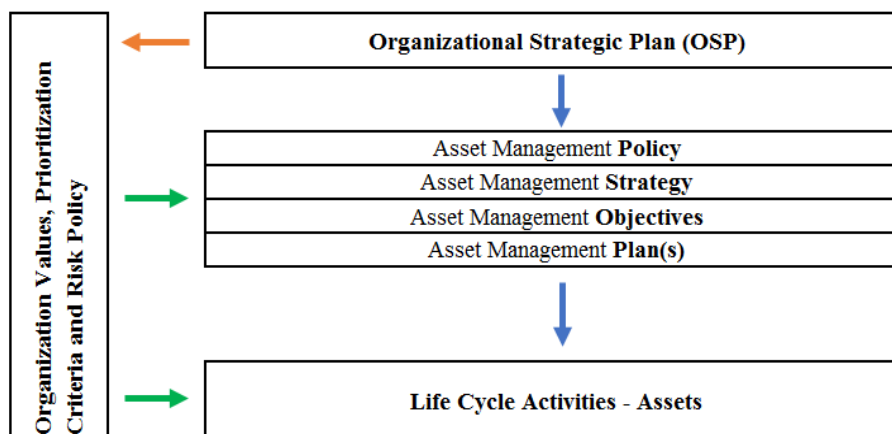


Figura 3.1 - Ciclo da Gestão de Ativos (adaptado de [18])

A gestão de ativos assenta numa filosofia intitulada de “curva da banheira”, que se encontra ilustrada na Figura 3.2. Esta representação permite definir zonas de gestão, tendo em conta o tempo, desde que o ativo foi colocado em funcionamento pela primeira vez.

No início da implementação, o equipamento encontra-se numa fase em que pode ser afetado por problemas de defeito de fabrico, o que leva a uma substituição imediata ou a uma manutenção corretiva. Na maturidade, após a primeira fase de implementação, os problemas tendem a estabilizar e é possível prever a necessidade de manutenção, tendo em conta o tempo de funcionamento, pelo que se verificam poucas avarias.

Numa última fase, onde o ativo ultrapassa o seu tempo de vida útil previsto é necessário recorrer a estratégias de manutenção mais rigorosas, uma vez que para prolongar o funcionamento do equipamento é necessário cumprir todos os requisitos da manutenção. É sem dúvida, nesta altura que é possível afirmar que os planos de manutenção são uma mais-valia para cumprir esta tarefa, desde que sejam bem articulados [19].

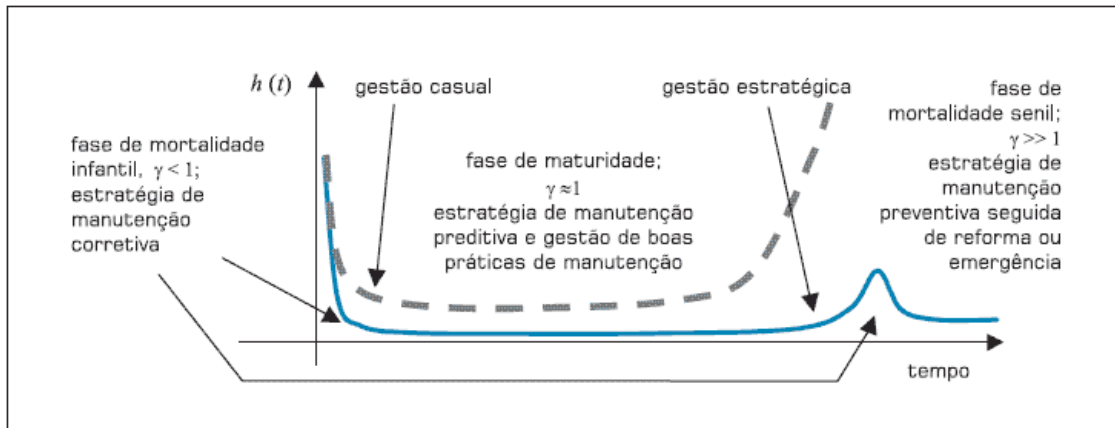


Figura 3.2 - Gráfico da "Curva da Banheira" [19]

3.1.1. Objetivos da Manutenção

Quando se realiza uma manutenção existe um conjunto de parâmetros que temos que ter em conta para rentabilizar da melhor forma o nosso esforço [20], [21].

Os principais objetivos de uma manutenção são:

- ❖ Detetar desgaste ou falhas;
- ❖ Recolher dados para facilitar inspeções futuras;
- ❖ Evitar tempos de paragem do equipamento e ou instalação;
- ❖ Reduzir os casos críticos e as avarias;
- ❖ Aumentar o tempo de vida útil;
- ❖ Monitorizar e prever possíveis falhas futuras;
- ❖ Aumentar a fiabilidade;
- ❖ Relacionar de forma consciente os custos e o tempo, envolvidos na manutenção.

3.1.2. Tipos de Manutenção

A Manutenção está dividida em duas grandes categorias. Se, por um lado, temos a Manutenção Preventiva (MP), que tenta corrigir os problemas ou prever acontecimentos, antes de existir uma falha, por outro, temos a Manutenção Corretiva (MC) que funciona como um pronto-socorro, para corrigir um problema em caso de falha ou até mesmo

substituir o equipamento. Um diagrama ilustrando os tipos de manutenção normalmente considerados está representado na Figura 3.3.

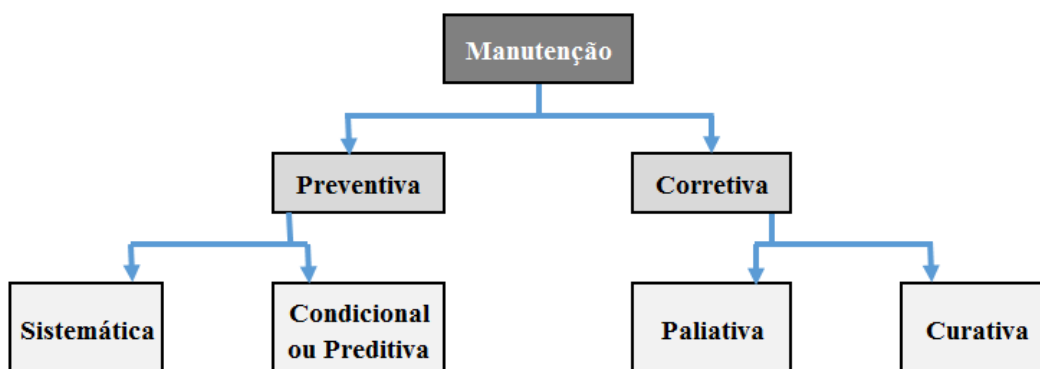


Figura 3.3 - Esquema dos Tipos de Manutenção

Importa salientar que, de acordo com os objetivos deste estágio, a Manutenção Preventiva Sistemática (MPS) será a mais abordada, indo assim ao encontro da nova política para a gestão de ativos, pelo que se prevê que a Manutenção Corretiva seja reduzida apenas a casos pontuais e onde não for possível prever as falhas, provocadas muito possivelmente por fatores externos.

As principais vantagens da MPS:

- ❖ O custo de cada operação está pré-determinado;
- ❖ A gestão financeira é mais simplificada;
- ❖ As operações/manobras e paragens são programadas;
- ❖ Na generalidade, o custo é mais reduzido que uma MC.

As principais desvantagens da MPS:

- ❖ Soma de várias MPS pode ultrapassar o valor que se gastaria em MC;
- ❖ Necessidade de maior número de recursos humanos disponíveis;
- ❖ Multiplicidade de operações aumenta o risco de novas avarias;
- ❖ Paragens programadas contam para o tempo de indisponibilidade.

3.2. TBM – Time Based Maintenance

Este conceito encontra-se associado a uma manutenção preventiva sistemática, efetuada de uma forma periódica, de acordo com as recomendações do fabricante e da experiência adquirida. Trata-se de uma manutenção baseada no tempo de vida do ativo e parte do princípio que todos os equipamentos, com a mesma tecnologia associada, apresentam a mesma necessidade de manutenção.

Em termos financeiros, é considerada a solução que apresenta um valor mais baixo de custos necessários para cumprir as manutenções, mas, no que respeita ao ativo, não garante uma levada disponibilidade, o que não é uma boa prática, dada a necessidade de conseguir alta disponibilidade do sistema, conforme se demonstra na Figura 3.4.

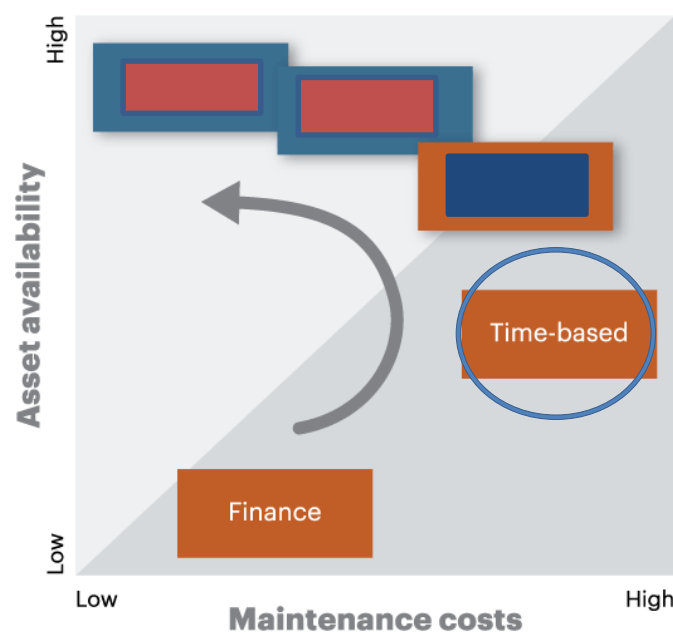


Figura 3.4 - Relação custo/disponibilidade na TBM (adaptado de [22])

3.3. CBM – Condition Based Maintenance

Este conceito encontra-se associado a uma manutenção preventiva condicionada, uma vez que é realizada em função da condição do equipamento ou sistema.

Tendo em conta o histórico de avarias ou acontecimentos relacionados com os ativos, pode-se obter um índice de saúde, para avaliar a condição do mesmo, esta é a forma de atuar quando se tem em consideração esta estratégia.

Avaliando os custos associados às manutenções e o tempo de disponibilidade do ativo, torna-se equilibrado afirmar que esta política é uma aposta interessante, mas que apesar de uma instalação ter apresentado problemas algumas vezes seguidas, não é de todo correto passar a ser feita uma manutenção mais exaustiva nessa mesma instalação, por causa de uma situação dita “pontual”.

Na Figura 3.5 mostra-se a relação custo/disponibilidade desta política.

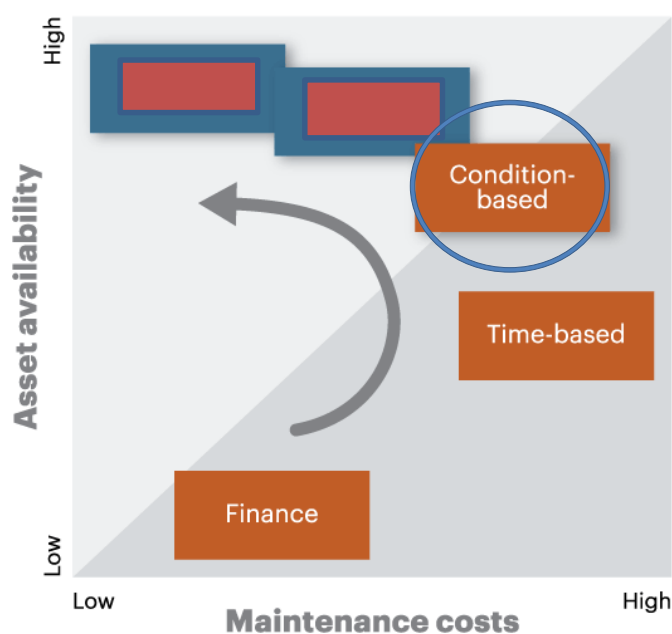


Figura 3.5 - Relação custo/disponibilidade na CBM (adaptado de [22])

3.4. RCM – Reliability Centered Maintenance

A estratégia de manutenção atual da maior parte das *utilities* é baseada em TBM, onde o período de inspeção depende essencialmente da tecnologia do sistema. Tendo em conta as vantagens e desvantagens das diversas abordagens de manutenção referidas anteriormente, verifica-se uma tendência crescente para a aplicação da RCM.

De referir que a RCM não é um tipo de manutenção, mas sim uma abordagem sistemática de elaboração de planos de manutenção, tendo em consideração as “taxas de falha” e as “consequências dessas mesmas falhas”. Permite estabelecer níveis mínimos de manutenção, mudanças na estratégia e procedimentos. O resultado é uma combinação otimizada de atividades de manutenção preventiva e corretiva.

A RCM distingue claramente a “causa da falha” da análise dos “efeitos da falha”. O diagnóstico da fiabilidade dos equipamentos, a respetiva esperança de vida e o cálculo dos riscos associados são as variáveis da RCM [23].

Na Figura 3.6 apresenta-se a relação custo/disponibilidade desta política.

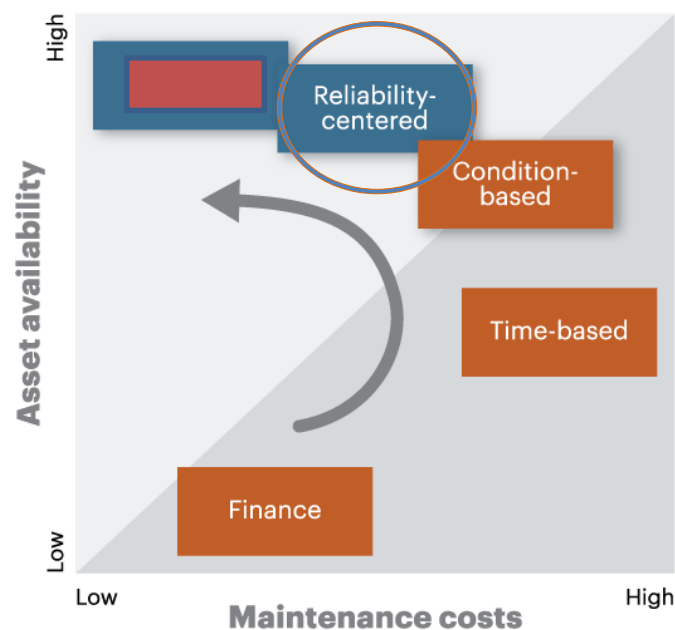


Figura 3.6 - Relação custo/disponibilidade na RCM (adaptado de [22])

3.5. RBM – Risk Based Maintenance

Uma política de manutenção só assente numa análise de risco pode nem sempre significar menos custos de manutenção. Este tipo de manutenção é bastante interessante do ponto de vista da disponibilidade do ativo, porque requer menos manutenções, mas normalmente deixa que o ativo chegue a um limite, com uma barreira muito ténue entre a falha e a continuidade em funcionamento.

Em muitos casos, esta estratégia pode diminuir os gastos, mas, noutros, pode levar a um gasto anormal, o que pode acontecer num curto espaço de tempo, se todo o equipamento tiver que ser substituído.

A EDPD considera que pode correr alguns riscos para rentabilizar ao máximo o seu investimento, mas há que ponderar em que locais ou equipamentos esse risco compensa.

Na Figura 3.7 está representada a relação custo/disponibilidade desta política.

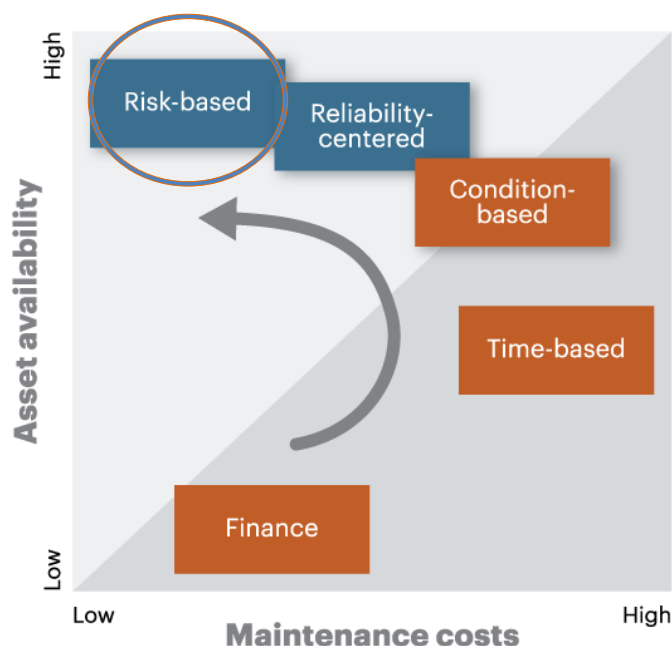


Figura 3.7 - Relação custo/disponibilidade na RBM (adaptado de [22])

3.6. CBRM – Condition Based Risk Maintenance

A política de manutenção idealizada para os equipamentos de telecomunicações pelo ATOM (Automação e Telecontolo – Operação e Manutenção), foi baseada numa política TBM, isto é, uma manutenção baseada no tempo de vida de cada equipamento, associado à sua respetiva tecnologia [24].

No entanto, com o decorrer do tempo, foi possível perceber que o tipo de tecnologia de cada instalação não se encontra necessariamente relacionada com a criticidade da mesma, uma vez que a probabilidade de falha é igual para todas. Assim, concluiu-se que o impacto causado pela falha de uma instalação tem um peso mais significativo do que a tecnologia

que lhe está associada. Na Figura 3.8 mostra-se a relação custo/disponibilidade desta política [25].

Tendo em conta a análise feita anteriormente, esta política foi repensada, com a finalidade de otimizar o sistema de MPS existente, sem comprometer a fiabilidade e de forma sustentável. Com esse objetivo em mente e utilizando uma nova abordagem estratégica baseada no risco, denominada de *Condition Based Risk Maintenance* (CBRM) foi possível obter uma nova política de manutenção. Neste momento, a entidade responsável por estes ativos é o MNSE (Departamento de Manutenção de Subestações).

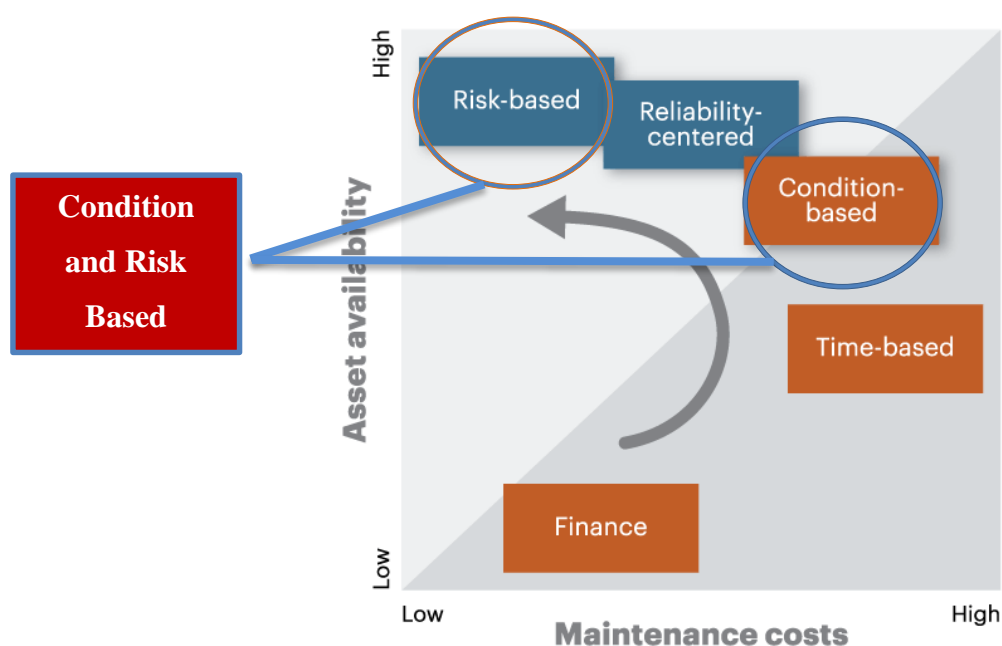


Figura 3.8 - Relação custo/disponibilidade na CBRM (adaptado de [22])

Refere-se ainda que esta nova política de manutenção CBRM permite criar uma solução mais rentável em termos financeiros, salvaguardando um limite de risco.

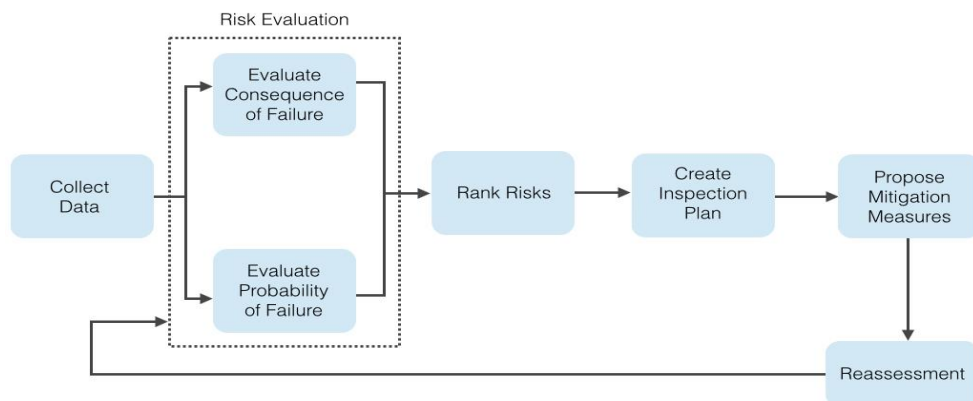


Figura 3.9 - Esquema da Política CBRM [26]

Apesar desta política se apresentar como uma solução no que respeita à rede de distribuição de eletricidade e aos equipamentos de potência que lhe estão associados, acaba por ser possível fazer uma analogia para os equipamentos de telecomunicações presentes na rede, permitindo desta forma criar, com base no risco, uma estratégia mitigadora para a rede de telecontrolo. O ciclo da avaliação do equipamento com base nesta política pode ser visualizado na Figura 3.9.

De seguida, será explicado com mais detalhe o que se entende por condição e por risco, de forma a perceber-se em que medida a introdução e consideração desta política, assente nestas duas características, é mais vantajosa, sem colocar em causa a fiabilidade da rede e melhorando os níveis da disponibilidade, sem aumentar os custos e os recursos.

3.6.1. A Condição

Quando um ativo se encontra em funcionamento, existem diferentes estados de operação, principalmente devido ao seu tempo de vida. A condição pretende avaliar o estado de um equipamento, sabendo que já se encontra em funcionamento há um determinado tempo.

Assim, é feita uma análise, tendo em conta o tempo de vida útil estimado pelo fabricante para a duração do ativo, comparando com o seu histórico de avarias e com as condições do local onde está inserido.

Um dos aspetos a realçar é a identificação do *Mean Time Between Failures* (MTBF), que consegue assim atribuir ao equipamento um prognóstico do tempo que vai decorrer até que seja registada alguma avaria. Isto é, existe a probabilidade de ocorrer uma falha num

determinado período de tempo, a partir do momento em que o ativo foi inspecionado pela última vez, que, em caso de não existir manutenção, após esse período, pode colocar em risco o equipamento, se nada for feito entretanto. Desta forma, conseguimos obter a fiabilidade desse equipamento tal como definido na Eq. 3.1 e na Eq. 3.2 onde λ_{MED} representa a taxa média de avarias por equipamento e f_{MED} representa o tempo médio entre avarias.

$$\lambda_{MED} = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Intervalo de Tempo} \cdot N^{\circ} \text{ de Equip.}} \quad (3.1)$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_{MED}} = f_{MED} \quad (3.2)$$

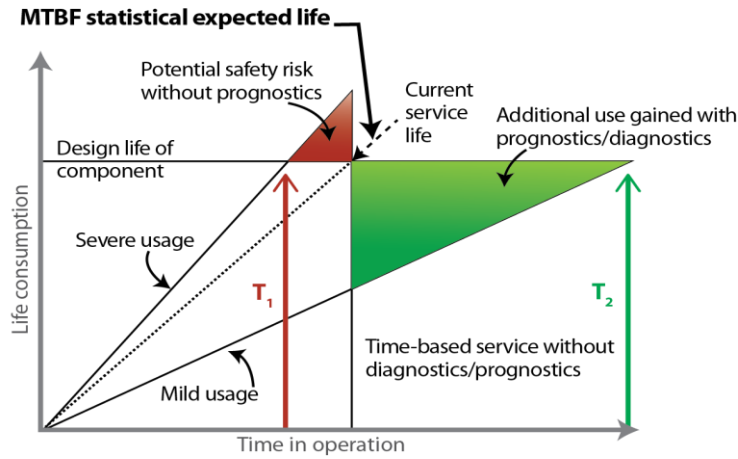


Figura 3.10 - Gráfico: Condição (MTBF) [22]

Com é possível observar na Figura 3.10, o gráfico traduz uma relação entre o tempo de operação e o tempo de vida útil do equipamento, demonstrando as fronteiras limite entre a probabilidade de falha por diagnóstico, feito com a análise do registo de avarias, e o risco de avaria eminente, entre os quais temos o MTBF.

Para se conseguir um valor mais rigoroso tendo em conta as avarias registadas opta-se por considerar sempre o pior caso, sendo os cálculos apresentados na Eq. 3.3 e na Eq. 3.4, onde λ_{CRI} é a taxa média de avarias para o pior caso e f_{CRI} é o tempo médio entre falhas para o caso mais crítico.

$$\lambda_{CRI} = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Intervalo de Tempo}} \quad (3.3)$$

$$MTBF \text{ (pior caso)} = \frac{1}{\lambda_{CRI}} = f_{CRI} \quad (3.4)$$

3.6.2. O Risco

O risco é um elemento que resulta da probabilidade de falha, multiplicado pelas consequências dessa falha.

A avaliação do risco nem sempre é simples, porque existem muitas situações e cada uma delas apresenta as suas variações. Por essa razão, nem sempre é fácil avaliar o risco, o que o torna numa questão interessante do ponto de vista da manutenção [26].

Para mitigar o risco, é necessário ter em consideração a experiência adquirida com o tempo de utilização de um determinado equipamento, e as análises realizadas aos registos de falhas. Na Figura 3.11 é possível observar o ciclo de avaliação do risco.

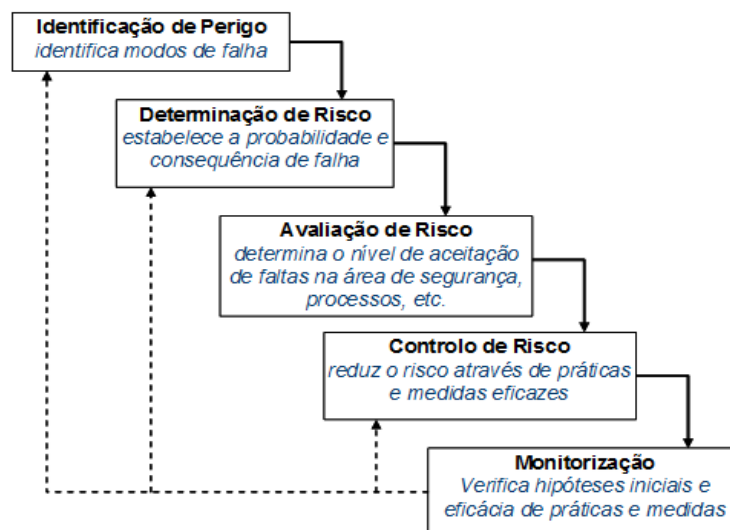


Figura 3.11 - Ciclo de Avaliação do Risco [19]

No que respeita à EDPD, o tipo de tecnologia de cada instalação não permite retirar conclusões sobre o aumento ou a diminuição da probabilidade de falha, o que não nos permite, por si só, avaliar o risco. Contudo, as consequências de uma falha, que se traduz no impacto de uma instalação na rede, e que depende da zona e do número de telecomandos de instalações suportadas, é um elemento fundamental para avaliar esse risco. Através destes elementos é possível à EDPD avaliar o risco de uma forma mais

controlada, o que permite implementar uma manutenção que tem em consideração os riscos, tentando assim manter os níveis de qualidade de serviço.

4. CARATERIZAÇÃO DAS AVARIAS

Num processo de manutenção, a palavra avaria é, sem dúvida, mencionada muitas vezes, ou porque é preciso reparar um equipamento, ou porque simplesmente é necessário prevenir esse acontecimento [27].

Tendo a importância das avarias em mente, foi feita uma recolha de toda a informação disponível, referente a cada ativo da rede privativa de telecomunicações da EDPD, no que respeita às avarias que lhe estão associadas, os modos de falha e as causas que estiveram na origem dessas falhas [28]. Para o efeito, procedeu-se a uma análise exaustiva das várias fontes disponíveis, onde são registadas as avarias e os respetivos tipos de intervenção.

De entre as várias fontes, é possível realçar algumas, que podem ser observadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Listagem dos Registos das Avarias

Registo SAP - DAT-ATOM/GBTL-TLOM: Coimbra - 15/12/2003 a 07/05/2013
Guias de Transporte de materiais/ferramentas - DAT-ATOM: Coimbra - 15/12/2003 a 07/05/2013
Registo de movimento de peças de reserva - DAT-ATOM: Coimbra - 15/12/2003 a 07/05/2013
Registo de avarias em disponibilidade DAT-ATOM: Coimbra - 2008 a 2013
Registo de avarias em disponibilidade MNSE-PRTST - 2014
Registo SAP - DAT-ATOM: Nacional - 08/05/2013 a 19/11/2014
Registo SAP - MNSE/EME2 (NACIONAL) - 01/09/2013 a 19/11/2014
Registo de avarias em disponibilidade nacional - 2008 a 2013

Todos os dados recolhidos foram analisados cuidadosamente, uma vez que apenas as avarias diretamente relacionadas com os ativos de telecomunicações foram consideradas, apesar de, em alguns casos, existirem registos com relações às telecomunicações mas que foram desconsiderados, porque a avaria não foi provocada pela falha dos equipamentos de telecomunicações.

Aqui é necessário fazer uma breve referência à situação dos registos. Não colocando em causa o trabalho das pessoas que atualizam e mantêm as bases de dados de informação, e porque estas foram criadas e atualizadas sem o objetivo de servirem diretamente para este estudo específico, foi identificada alguma falta de detalhe que seria útil nesta análise, no

que respeita à apresentação da ordem/nota de intervenção. Por essa razão, torna-se muitas vezes difícil caracterizar as avarias e as suas causas, quando se pretende uma análise mais profunda. Porém, com a ajuda do Supervisor da empresa, com um conhecimento detalhado deste assunto, foi possível esclarecer muitas das situações de dúvida.

Refira-se que a informação agora utilizada, que representa a situação a nível nacional não foi totalmente recolhida pelo Estagiário que elaborou o presente relatório. Para complemento utilizou-se alguma informação relativa à Zona Centro do país, que foi retirada de um outro relatório de estágio [29].

De acordo com a informação recolhida, e apesar das fontes de registo considerarem todo o universo dos ativos de telecomunicações da rede, foi realizada uma divisão por tipo de tecnologia: SDH, PDH, Rádio VHF, Rádio Microondas, IP e Correntes Portadoras (PLC); o que levou à análise individual de cada uma delas. Este ponto foi importante para averiguar e retirar conclusões mais detalhadas sobre o tipo de tecnologia mais afetada pelas avarias e se, de alguma forma, o local onde estavam instaladas, também poderia ter alguma influência. Além daquelas tecnologias foi feita uma análise referente ao universo da FO, mas esta será abordada no Capítulo 7 deste relatório, devido à sua relevância para toda a estrutura de telecomunicações da rede privativa da EDPD.

É importante referir que esta análise vai ao encontro da política CBRM, e que no presente capítulo será analisada a vertente da condição do ativo, o que se irá refletir na probabilidade de falha e na matriz de risco empresarial.

De seguida, são apresentados os modos de falha e as causas das avarias para as diferentes tecnologias, recorrendo a uma análise gráfica, no sentido de oferecer uma melhor visão sobre os dados recolhidos.

4.1. SDH - Synchronous Digital Hierarchy

Os equipamentos com esta tecnologia são dos mais importantes para as telecomunicações presentes na EDPD, uma vez que a sua estrutura de ligações permite interligar vários pontos-chave da rede. Conseguem reconfigurar o caminho de uma ligação quando se dá uma anomalia numa das linhas de comunicação para um determinado *site*, permitindo realizar redundância. A rede privativa é composta por cerca de **60 equipamentos** com

este tipo de tecnologia. Os principais modos de falha e as principais causas de avarias são apresentados quantitativamente nos diagramas da Figura 4.1.

Os principais modos de falha destes equipamentos são:

- ❖ Falha do equipamento SDH;
- ❖ Ausência de alimentação;
- ❖ Falha do meio de comunicação.

As principais causas de avaria destes equipamentos são:

- ❖ Envelhecimento/degradação do material;
- ❖ Falha do *software* do equipamento;
- ❖ Falha do sistema de alimentação;
- ❖ Perturbações na alimentação;
- ❖ Falha de tensão na rede de distribuição;
- ❖ Falha da cablagem;
- ❖ Incêndios.

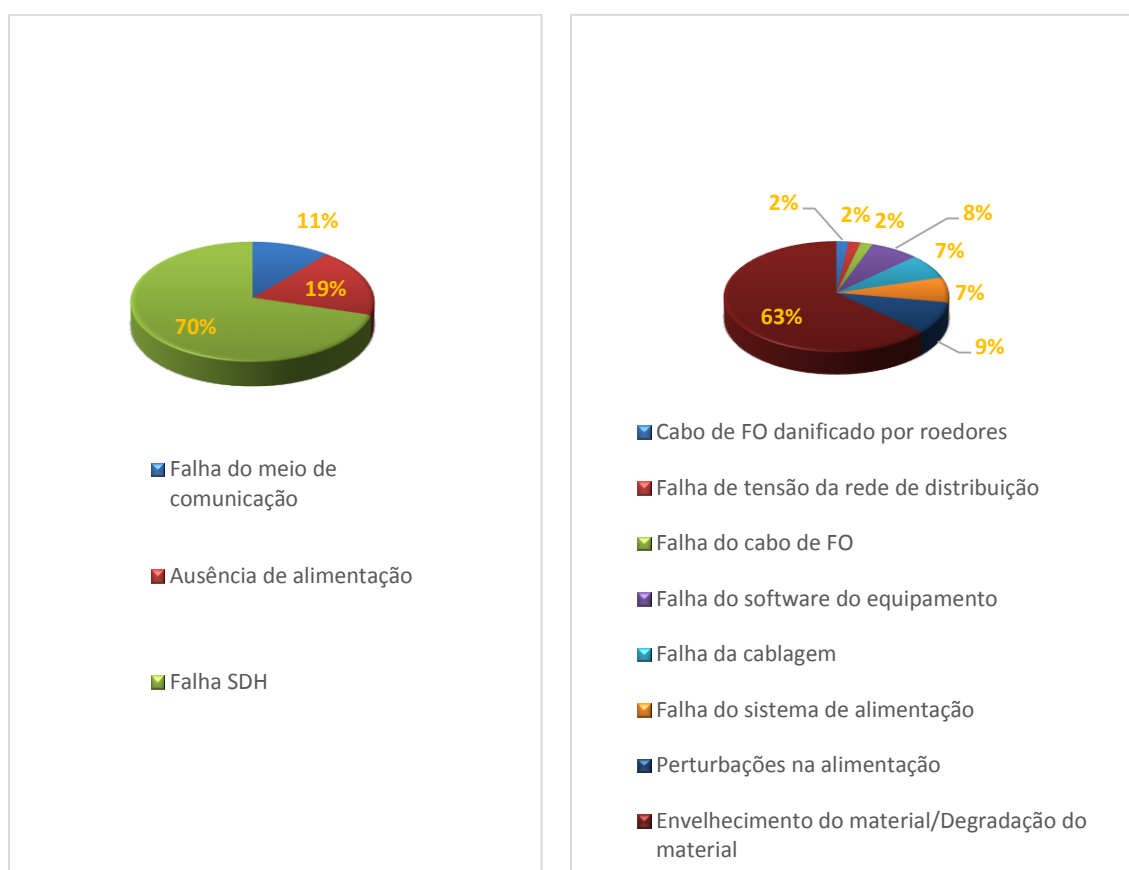


Figura 4.1 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos SDH

4.2. PDH - Plesiochronous Digital Hierarchy

Esta tecnologia é a ponte entre muitos dos equipamentos SDH e os restantes elementos de análise do *site*, no que respeita ao controlo e à monitorização, todavia, em alguns casos funciona também em modo isolado e, por essa razão, apresenta um número elevado de equipamentos. A soma de todos **os equipamentos que suportam esta tecnologia é de 361**, sem distinção do vendedor ou da zona do país.

É possível encontrar três tipos de PDH utilizados pela EDPD: PDH Nokia (Zona Centro de Lisboa), PDH Alcatel (Zona Sul), do tipo 1511BA e PDH Efacec (Zona Norte e Centro), do tipo MUX2000.

É uma tecnologia com alguns anos e o *hardware* que lhe está associado, devido ao seu tempo de vida, tem apresentado alguns problemas de degradação.

Os principais modos de falha destes equipamentos são:

- ❖ Falha do equipamento PDH;
- ❖ Ausência de alimentação;
- ❖ Falha do meio de comunicação.

As principais causas de avaria destes equipamentos são:

- ❖ Envelhecimento/degradação do material;
- ❖ Falha do *software* do equipamento;
- ❖ Falha do sistema de alimentação;
- ❖ Perturbações na alimentação;
- ❖ Falha de tensão na rede de distribuição;
- ❖ Falha da cablagem;
- ❖ Incêndios.

Os principais modos de falha e as principais causas de avarias são apresentados quantitativamente nos diagramas da Figura 4.2.

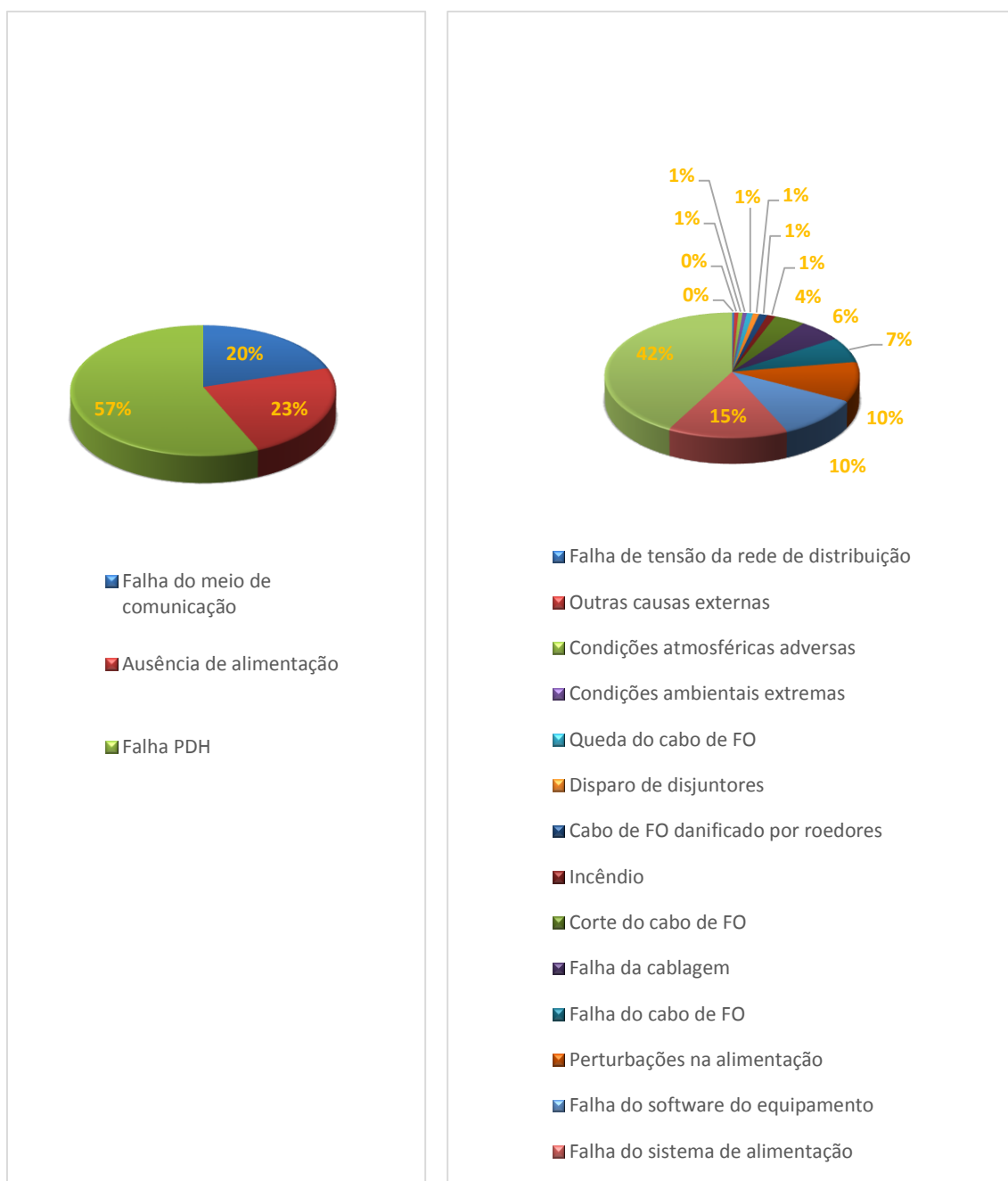


Figura 4.2 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos PDH

4.3. Rádio VHF

É uma ligação sem fios com várias implementações e com um período de utilização longo por parte da EDPD. São equipamentos utilizados para uma comunicação ponto a ponto, servindo de rede de comunicação corporativa, tanto para a comunicação direta entre instalações como para a comunicação com unidades móveis no terreno. No seu conjunto são cerca de **120 equipamentos**.

A sua instabilidade, principalmente devido às condições extremas a que estão sujeitos, leva, muitas vezes, ao seu mau funcionamento ou falha total. Em muitos dos casos, a antena usada para transmitir o sinal de comunicação é a principal fonte de problemas registados.

Os principais modos de falha destes equipamentos são:

- ❖ Ausência de alimentação;
- ❖ Falha do meio de comunicação;
- ❖ Falha do equipamento VHF.

As principais causas de avaria destes equipamentos são:

- ❖ Envelhecimento/degradação do material;
- ❖ Condições atmosféricas adversas;
- ❖ Falha na cablagem;
- ❖ Falha do sistema de alimentação;
- ❖ Falha de tensão na rede de distribuição;
- ❖ Perturbações na alimentação;
- ❖ Outras causas externas.

Os principais modos de falha e as principais causas de avarias são apresentados quantitativamente nos diagramas da Figura 4.3.

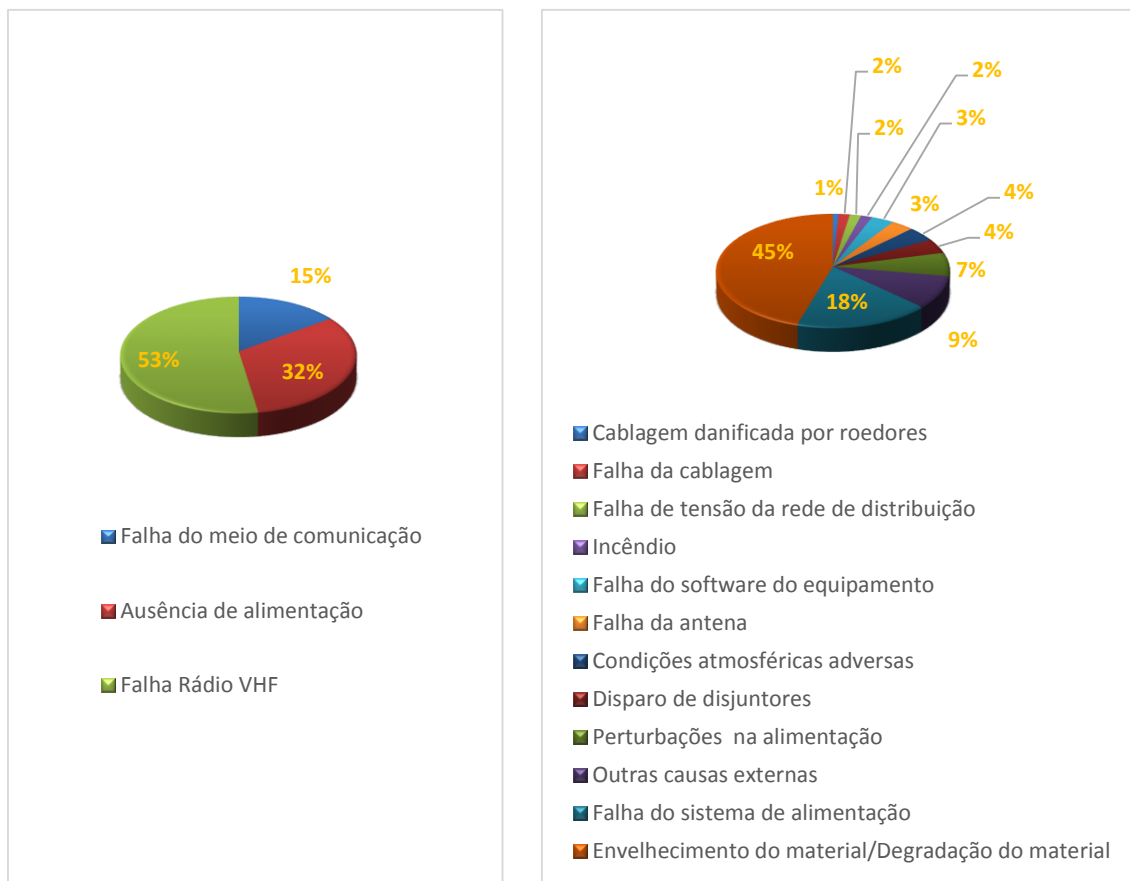


Figura 4.3 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos VHF

4.4. Rádio Microondas

É uma ligação de rádio mais recente e com uma implementação mais reduzida. A sua utilização, principalmente na Zona Norte e alguns repetidores da Zona Centro, deveu-se à incapacidade do Rádio VHF garantir a estabilidade necessária para as comunicações. Em muitos casos, foi usada na comunicação entre e com as centrais produtoras de eletricidade e os parques eólicos. Os seus equipamentos são mais estáveis no que respeita às falhas, do que a tecnologia rádio VHF, no entanto, não deixam de ter os seus problemas a registar. Os principais modos de falha e as principais causas de avarias são apresentados quantitativamente nos diagramas da Figura 4.4.

Os principais modos de falha destes equipamentos são:

- ❖ Falha do equipamento microondas;
- ❖ Falha do meio de comunicação.

As principais causas de avaria destes equipamentos são:

- ❖ Envelhecimento/degradação do material;
- ❖ Falha na cablagem;
- ❖ Falha no *software* do equipamento;
- ❖ Condições ambientais adversas.

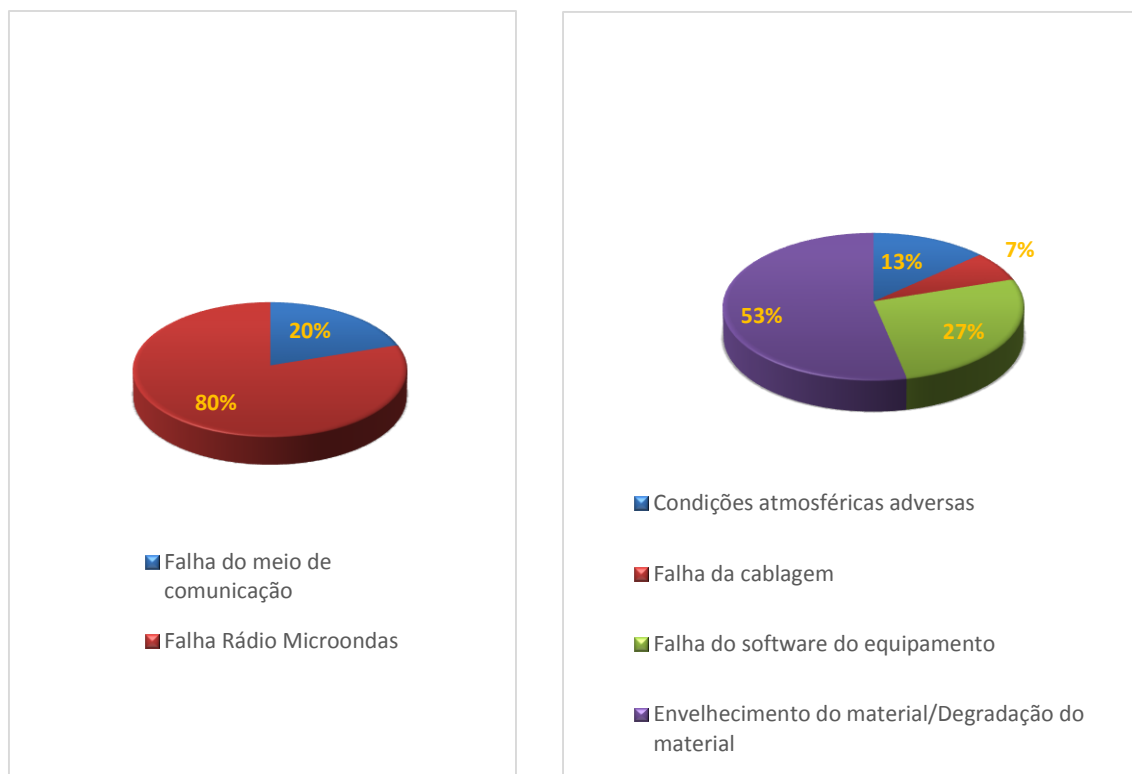


Figura 4.4 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos Microondas

4.5. Ethernet/IP

Como o avanço da tecnologia é quase impossível ficar indiferente às ligações *Ethernet*, que todos os dias utilizamos para aceder a inúmeros sítios na Internet. Numa vertente mais empresarial e de comunicação interna, foram criados caminhos com endereços IP, que realizam o transporte de informação e fazem a comunicação com diferentes instalações. Porém, acabou por ficar reduzida a instalação dos equipamentos, muito por culpa da elevada falha dos *routers* necessários ao seu funcionamento. Não obstante, é possível encontrar cerca de **16 equipamentos** em funcionamento.

Apesar de não ter sido considerada para o estudo, a MPLS é uma nova tecnologia que está a ser implementada e que recorre também a ligações *Ethernet*. Apresenta-se, ainda, como uma oferta mais segura e de maior fiabilidade que a tecnologia *Ethernet/IP*, anteriormente apresentada. Dado a sua recente instalação, ainda não é possível avaliar, de forma detalhada, os modos e causas de falha que lhes estão associadas, deixando essa avaliação em aberto para uma próxima análise da rede de telecomunicações da EDPD.

Os principais modos de falha destes equipamentos são:

- ❖ Falha equipamento IP;
- ❖ Falha meio de comunicação;
- ❖ Ausência de alimentação.

As principais causas de avaria destes equipamentos são:

- ❖ Envelhecimento/degradação do material;
- ❖ Falha na cablagem;
- ❖ Falha do sistema de alimentação.

Os principais modos de falha e as principais causas de avarias são apresentados quantitativamente nos diagramas da Figura 4.5.

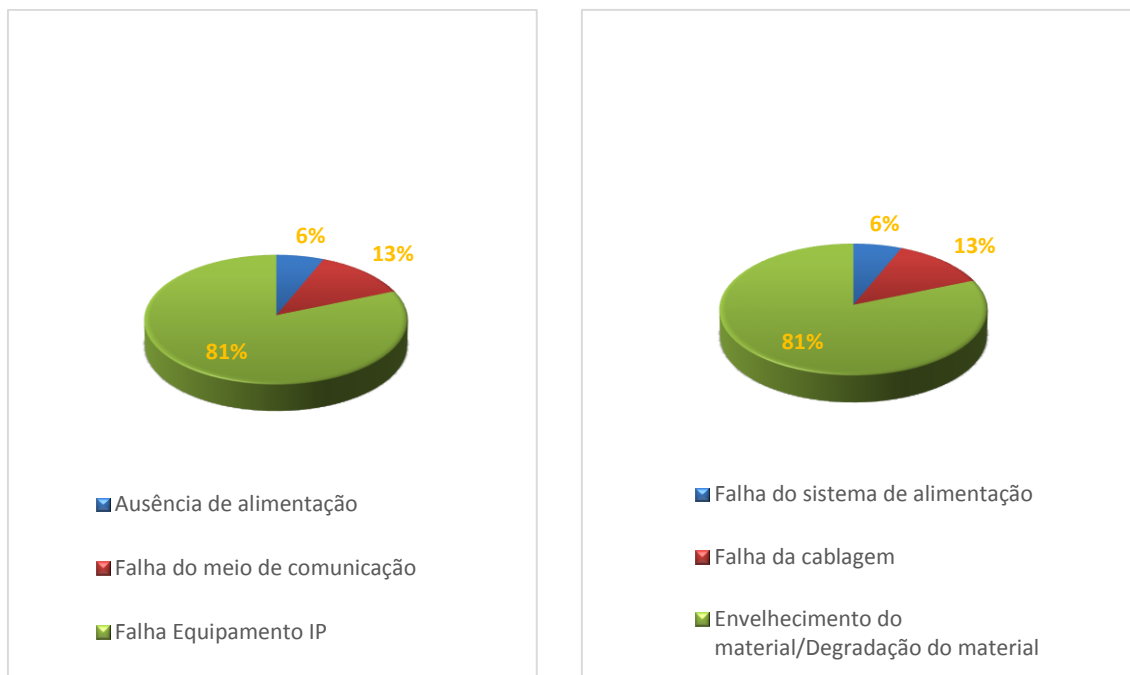


Figura 4.5 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos IP

4.6. Correntes Portadoras (PLC)

É sem dúvida a tecnologia mais antiga utilizada pela EDPD e aquela que está em desuso, restando muito poucas instalações que a usam. Não está previsto, em nenhuma fase futura, a instalação de equipamentos com esta tecnologia e os que existem serão substituídos por outro tipo de equipamentos, num curto espaço de tempo.

Os principais modos de falha destes equipamentos são:

- ❖ Falha do equipamento PLC;
- ❖ Falha do meio de comunicação.

As principais causas de avaria destes equipamentos são:

- ❖ Envelhecimento/degradação do material;
- ❖ Condições ambientais;
- ❖ Furtos.

Os principais modos de falha e as principais causas de avarias são apresentados quantitativamente nos diagramas da Figura 4.6.

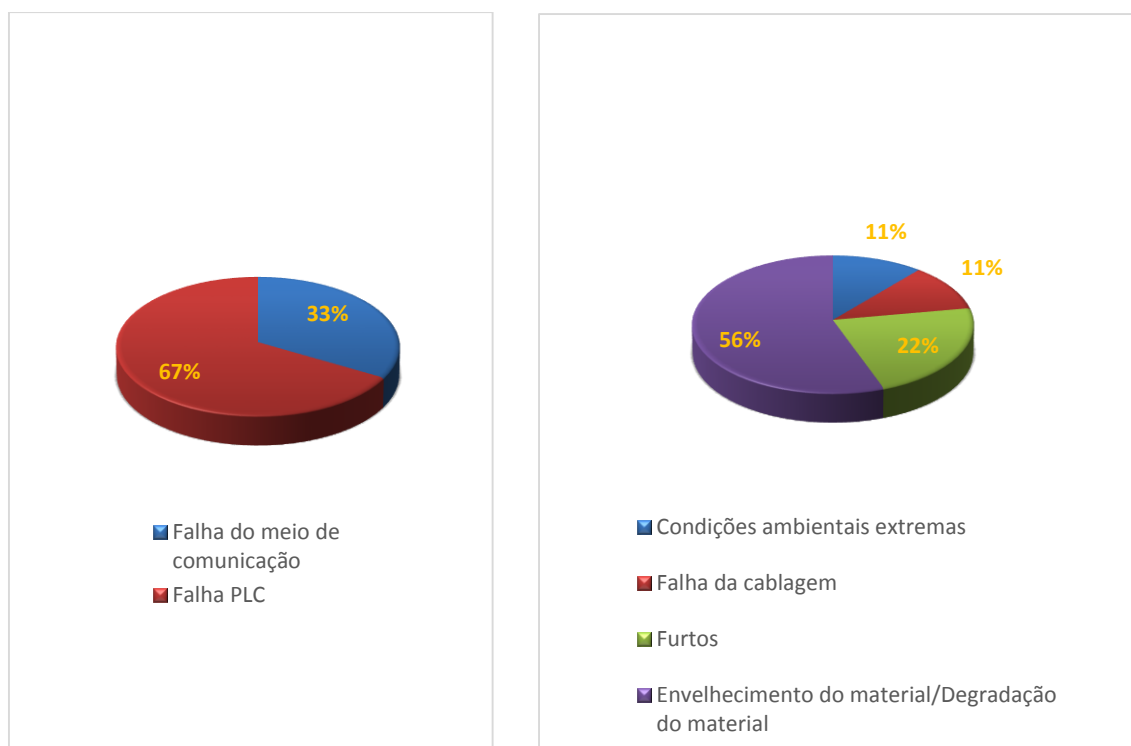


Figura 4.6 - Modos de Falha (à esquerda) e Causas das Avarias (à direita) dos equipamentos PLC

4.7. Análise Geral e Conclusões

Um ponto importante a reter são os modos de falha mais comuns, porque são relevantes para justificar a incapacidade de resposta dos ativos ao longo do tempo, que muitas vezes não conseguem atingir o tempo de vida útil previsto.

Assim, tendo em conta a análise anterior e também o estudo da empresa EFACEC, abordado no âmbito do *Workshop* aludido no Anexo F.2, assim como a informação recolhida através de outras fontes [30], pode-se concluir que as condições ambientais extremas, como por exemplo a temperatura elevada na zona dos equipamentos, pode originar uma falha mais rápida do mesmo ou levar ao seu envelhecimento precoce.

Com a recolha, organização e análise do número total de avarias registadas por tecnologia, foi possível obter o tipo de equipamento com mais problemas na rede ou aqueles que sofrem mais com as avarias, como se pode visualizar na Figura 4.7.

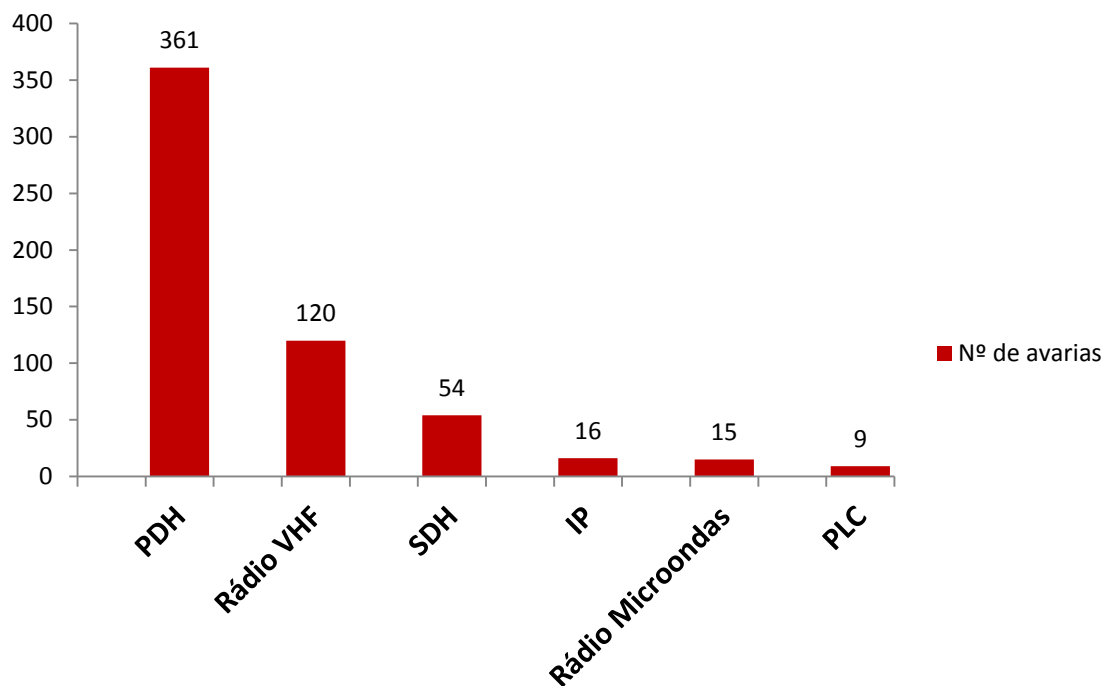


Figura 4.7 – Número Total de Avarias Registadas por Tecnologia

Todas as fontes apresentadas permitiram retirar várias conclusões sobre os ativos, a salientar:

- ✓ Existem três tipos de modos de falha mais comuns, nomeadamente a falha da comunicação, da alimentação e do próprio equipamento, por envelhecimento ou ações de fatores externos;
- ✓ A tecnologia PDH é a que apresenta um maior número de avarias registadas. No entanto, se se considerar a relação número de avarias/número de equipamentos, conclui-se que a tecnologia com maiores problemas é o Rádio VHF;
- ✓ Os registos associados aos Repetidores Rádio, tanto VHF como Microondas, estão na sua maioria relacionados com as condições ambientais atmosféricas extremas, devido à sua maior exposição às condições ambientais.

5. MATRIZ DE CRITICIDADE E MATRIZ DE RISCO

No Capítulo 3, onde é feita a referência às políticas de manutenção, ficou claro que o objetivo de todo o plano assenta numa estratégia preconizada pela empresa para a gestão dos seus ativos, baseada no risco que apresentam para a empresa, mesmo que esses não façam parte da rede privativa de telecomunicações. Por essa razão, a política CBRM foi considerada como o ponto-chave de todo o plano.

Tendo em conta que esta política engloba, não só a condição do ativo, mas também o risco que está relacionado com a falha do mesmo, torna-se importante refletir um pouco sobre essas duas variáveis. No que respeita à condição, já foi possível antever algumas das características relacionadas com os equipamentos de telecomunicações, no Capítulo 4, quando se abordou as causas das avarias e os modos de falha. Relativamente ao risco, o mesmo será agora representado na criticidade de cada instalação, o que se irá traduzir nas variáveis de impacto presentes na matriz de risco empresarial.

5.1. Matriz de Criticidade

Apresentando como ponto de partida uma Matriz de Criticidade fornecida pela empresa e que serve de referência para o registo do número de telecomandos suportados pelos equipamentos de telecomunicações de cada instalação, foi possível determinar o impacto de falha do equipamento de telecomunicações de cada ponto da rede, o qual será fundamental para o controlo de um dos fatores que permitem caracterizar o nível de risco.

Após a análise e melhoria da matriz fornecida, incluindo outra informação relevante para a presente análise, foi possível criar um plano de ações a desenvolver, que foi apresentado à empresa com o objetivo de melhorar a forma como é feita a manutenção dos ativos de telecomunicações, tendo em conta a nova política de uma manutenção baseada na condição e no risco.

Na Figura 5.1 podemos observar um pequeno exemplo da Matriz de Criticidade.

		Nº de estações																																										
		CC Aveiro I	CC Aveiro II	PC Carlos Guimarães	CD AVEIRO	GAFANHA	ESQUEIRA	ILHAVO	AGUDA	BARRO	BUSTOS	ARDOUA	INHÁ	AVANCA I	AVANCA II	OVAR	ARADA	OLIVEIRA AZEISES	VALE CAMBRA	ALBERGARIA	VISTA ALEGRE	DEVEISA VELHA I	DEVEISA VELHA II	CARREGOSA	REP. CARREGOSA	TALHADAS	SI MADEIRA I	SI MADEIRA II	SANGUEDO	RIOMEAO	PC S.J. Madeira	ACAIL	AGUIEIRA	ALCAINS	ALEGRIA	ALFARÉLOS	ALTO DE SÃO JOÃO	ALVAIAZERE	ANDRINOS	CC ANDRINOS	ANTANHOL	ATOUGUIA		
Tipo de instalação																																												
Nº telecomandos suportados			25	3	0	0	1	5	1	3	2	1	2	1	4	2	2	1	2	1	2	1	9	2	2	1	1	4	2	3	2	1	1	0	1	1	3	27	0	24	25	0	3	
ARADA			4	X										X		X	X																											
OLIVEIRA AZEISES			4	X										X	X		X	X																										
VALE CAMBRA			5	X										X	X			X	X																									
ALBERGARIA			4	X										X					X	X																								
VISTA ALEGRE			5	X										X					X	X																								
DEVEISA VELHA			3	X										X																														
CARREGOSA			4	X																		X	X	X																				
SI MADEIRA			0																																									
SANGUEDO			5	X										X								X								X	X													
RIOMEAO			6	X										X								X					X	X		X	X													
PC S.J. Madeira			6	X										X								X					X	X		X	X													
ACAIL			9	X										X								X						X	X	X	X	X			X									
AGUIEIRA			0																																									
ALCAINS			3																																									
ALEGRIA			3																																									
ALFARÉLOS			5																																									
ALTO DE SÃO JOÃO			0																																									
ALVAIAZERE			0																																									
ANDRINOS			2																																						X	X		
ANTANHOL			0																																									
ATOUGUIA			5																																						X	X		
AZÓIA			3																																						X	X		
RELA MONTE			3																																									

Figura 5.1 - Matriz Criticidade (Telecomando)

A matriz consiste na identificação dos telecomandos associados a cada instalação de Portugal Continental. Na vertical, na zona à esquerda, temos o nome dos diferentes *sites* e na horizontal, na zona superior, temos novamente todos os *sites*, desta forma, o cruzamento das duas vai ilustrar as dependências entre cada uma delas ao nível do telecomando.

5.1.1. Criticidade e Tecnologia

Na análise do Capítulo 4, no que respeita às avarias, foi possível retirar algumas conclusões baseadas no tipo de equipamentos, pelo que se concluiu que os equipamentos PDH e os repetidores Rádio VHF são os que representam maior número de problemas para a rede, o que indicava que era necessário dar mais peso às instalações que fazem uso desses equipamentos. No entanto, para perceber melhor a influência que cada tipo de tecnologia acarreta para a criticidade das instalações, foi discriminado qual o tipo de tecnologia presente em cada uma delas. Além disso, é possível verificar na Figura 5.2, vários parâmetros adicionais associados à matriz inicial, dando origem a uma nova matriz mais completa, e que serviram de base para a criação do plano de manutenção.

De salientar que na Figura 5.2 já se encontram presente os diferentes Perfis de Risco, associados a cada instalação, mas os mesmos só serão abordados na Secção 5.2 deste Relatório.

A matriz apresenta uma estrutura semelhante à apresentada na Figura 5.1 da Secção 5.1, mas foi introduzida mais informação relevante. Permite visualizar os telecomandos associados aos *sites* de uma forma mais detalhada, realizando a separação entre TCMT e TCSE, é visível o código da instalação de acordo com o sistema de base de dados, é possível verificar quais os tipos de equipamentos presentes em cada instalação e por fim, foi criada uma coluna para definir o perfil de risco associado a todos os *sites*.

	INSTALAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	LOCALIZAÇÃO (código)	DECOMUNICAÇÃO	INTERVENÇÃO	DESCRIPTIVO	Grp.pln/PM	Centrab. Respon.
Tipo de instalação	PS	PS INSTALAÇÃO 01	xxxx	280-01-09-5-5-0101-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST PS INSTALAÇÃO 01	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 02	xxxx	280-01-01-5-5-0005-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 02	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 03	xxxx	280-06-13-5-5-0038-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 03	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 04	xxxx	280-01-02-5-5-0007-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 04	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 05	xxxx	280-05-02-5-5-0004-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 05	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 06	xxxx	280-06-03-5-5-0051-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 06	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 07	xxxx	280-06-15-5-5-0063-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 07	MANE-STONT	STONT
	AO	AO INSTALAÇÃO 08	xxxx		MPS ST	MPS ST AO INSTALAÇÃO 08	MANE-STONT	STONT
	DTI	DTI INSTALAÇÃO 09	xxxx		MPS ST	MPS ST DTI INSTALAÇÃO 09	MANE-STONT	STONT
	DOC	DOC INSTALAÇÃO 10	xxxx	280-06-03-6-6-0001-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST DOC INSTALAÇÃO 10	MANE-STONT	STONT
	EMEZ	EMEZ INSTALAÇÃO 11	xxxx		MPS ST	MPS ST EMEZ INSTALAÇÃO 11	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 12	xxxx	280-06-03-5-5-0003-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 12	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 13	xxxx	280-10-02-5-5-0230-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 13	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 14	xxxx	280-10-09-5-5-0022-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 14	MANE-STONT	STONT
	EDPF	EDPF INSTALAÇÃO 15	xxxx		MPS ST	MPS ST EDPF INSTALAÇÃO 15	MANE-STONT	STONT
	CC	CC INSTALAÇÃO 16	xxxx		MPS ST	MPS ST CC INSTALAÇÃO 16	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 17	xxxx	280-06-03-5-5-0115-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 17	MANE-STONT	STONT
	SE	SE INSTALAÇÃO 18	xxxx	280-10-14-5-5-0012-OM-FIXA	MPS ST	MPS ST SE INSTALAÇÃO 18	MANE-STONT	STONT
IMPACTO GLOBAL DA INSTALAÇÃO								
IV								
Nº de saídas								
Instalação 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 2	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 3	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 4	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 5	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 6	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 7	1	1	1	1	1	1	1	1
Risco								
SDH	1	1	1	1	1	1	1	1
PDH	1	1	1	1	1	1	1	1
Rádio VHF	1	1	1	1	1	1	1	1
Rádio Microondas	1	1	1	1	1	1	1	1
PLC	1	1	1	1	1	1	1	1
Equipamentos IP	1	1	1	1	1	1	1	1
PERFIL DE RISCO								
IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
15	15	15	15	15	15	15	15	15
8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	7	7	7	7	7	7	7	7
14	14	14	14	14	14	14	14	14
Instalação 7	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 6	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 5	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 4	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 3	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 2	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação 1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 5.2 – Nova Matriz de Criticidade (elementos de análise com base no risco)

Com este estudo, concluiu-se que na maioria das instalações tem-se equipamentos PDH e que, por outro lado, o VHF normalmente encontra-se apenas associado aos repetidores e respetiva base de ataque, o que não permite traduzir o seu índice de avarias, normalmente mais elevado, no geral das instalações.

Deste modo, observando a filosofia da matriz de criticidade de telecomando foi possível concluir que os *sites* com maior número de telecomandos, apresentavam também maior número de tecnologias associadas, ou, na sua generalidade, tecnologias SDH (espinha dorsal da rede) e ou, PDH. Partindo desta análise, verificou-se que a instalação por si, pelos diversos fatores enunciados, devia ser considerada como o ponto de partida para a elaboração final dos perfis de risco, abandonando a anterior política que se prendia com o tipo de tecnologia.

As conclusões retiradas nesta segunda fase de análise consideram assim o peso da instalação no seu todo, conduzindo a um plano de manutenção integrado, o que num ambiente de manutenção se torna muito mais vantajoso. Ao considerar que cada tecnologia ou equipamento possuía a sua linha de tempo para a manutenção, podia-se ter que visitar todos os anos uma instalação, sendo que num dos anos iríamos verificar um tipo de equipamento e no próximo ano iríamos verificar outro. Com esta nova metodologia, visita-se as diversas instalações realizando a inspeção a todas as tecnologias na sua globalidade, ou seja, todos os equipamentos presentes serão verificados, o que se traduz numa maior eficiência de utilização dos recursos humanos disponíveis, reduzindo o número de visitas necessárias.

5.1.2. Distribuição das Instalações

Tendo em vista a criação de padrões de manutenção para as instalações, procurou-se criar vários perfis de risco, enquadrados em gamas de impacto dos *sites* em causa.

Para uma melhor distribuição dos perfis de risco tendo em conta a ideia que se pretende implementar e seguindo a ideologia presente na matriz de criticidade, foram também verificadas as instalações onde estão instalados equipamentos SDH e que são consideradas instalações relevantes para a rede de telecomunicações, porque vão, na sua maioria, realizar a ponte entre vários *sites* e, por essa razão, se tornam mais relevantes que uma instalação terminal.

Todavia, antes de realizar o exercício de distribuição dos perfis foi necessário ter em conta uma nova reestruturação (recente) na rede de telecomunicações. Antes, existiam pontos da rede com um peso muito elevado, principalmente instalações com sistemas SDH e que coincidem com a localização de *FrontEnds* (FE) da rede SCADA.

Recentemente existiu um projeto de concentração de FE em dois locais únicos no país sendo, numa primeira fase, a informação disponibilizada para pontos agregadores coincidentes com os antigos FE e, numa segunda fase, remotamente distribuindo por mais alguns pontos agregadores de forma a reduzir o impacto. Nestes pontos agregadores têm vindo a ser instalados equipamentos conversores de IP para várias portas RS232, denominados MOXAS.

Desta forma, na tentativa de minimizar o peso dos nós da rede, foi criado um novo panorama nacional para a rede ao qual foi atribuído o nome de Distribuição de MOXAS. Esta distribuição consiste na localização das instalações, mas também dos telecomandos, sejam eles do TCSE ou TCMT, a elas associados.

Na primeira abordagem, designada por **FASE 1**, é possível observar a divisão na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Divisão de MOXAS: Fase 1

ERMESINDE (LOCAL)	PALHAVÃ (LOCAL)
BRAGA	BEJA
RUIVÃES	LOURES
VILA REAL	CARENQUE
AVEIRO	LOULÉ
COIMBRA (A. S. João)	OLHO DE BOI
SEIA	SÃO SEBASTIÃO
CASTELO BRANCO	LEIRIA

Na Fase 1, a divisão foi realizada com base nos antigos FE e nos telecomandos com origem nesses *sites*, sem que dentro de cada zona fossem analisadas as diferentes instalações associadas a cada uma delas. No entanto, as instalações de Ermesinde e Palhavã foram colocadas em destaque, uma vez que as mesmas apresentam maior peso a nível nacional, encontrando-se estrategicamente posicionadas de forma a dividir Portugal continental em duas zonas de controlo da informação SCADA, provenientes das diferentes instalações.

Na segunda abordagem, denominada de **FASE 2**, foi realizada a divisão ilustrada na Tabela 5.2. Por exemplo, as funções de telecomando que na Fase 1 estavam apenas associadas ao *site* Coimbra (A. S. João), passaram a estar distribuídas pelos *sites* Coimbra (A. S. João), Antanhol e Lousã.

Tabela 5.2 - Divisão de MOXAS: Fase 2

ERMESINDE (LOCAL)	PALHAVÃ (LOCAL)
V.N. GAIA	NORTE
BRAGA	MOSCAVIDE
VALENÇA	BOAVISTA
RUIVÃES	TRAJOUCE
BUSTELO	PC FANHÕES
FELGUEIRAS	BEJA
VILA REAL	LOURES
CHAVES	CARENQUE
MACEDO CAVALEIROS	LOULÉ
AVEIRO	PORTINHEIROS
AGUEDA	PORTO DE LAGOS
MOGOFORES	ALBUFEIRA
S.J. MADEIRA	OLHO DE BOI
ALTO S. JOÃO	FONTAINHAS
ANTANHOL	SÃO SEBASTIÃO
LOUSÃ	COINA
SEIA	
VARZEA	
VISO	
CELORICO	
CASTELO BRANCO	
ANDRINOS	
POMBAL	
SÃO JORGE	

Na Fase 2, cada uma das divisões da Fase 1 foi submetida a uma nova divisão, tendo em conta as instalações existentes na zona correspondente. Desta forma, foi possível dividir mais o peso que cada instalação tem na rede no que respeita à sua criticidade (impacto).

Praticamente todas as instalações apresentadas correspondem a instalações da rede SDH, coincidente também com equipamentos da rede PDH, sendo o SDH, como já foi abordado, considerada a espinha dorsal da rede privativa, o que facilita a reestruturação, dado que não é necessário fazer alterações estruturais da rede de telecomunicações.

Desta forma, as instalações de Ermesinde e Palhavã passam, assim, a estar em contacto direto através de uma ligação TCP/IP redundante, com as instalações resultantes desta última subdivisão, o que as torna como centros de controlo de alta importância.

5.2. Matriz de Risco

A atribuição de diferentes perfis de risco para cada instalação inserida na rede de controlo e telecomando, teve como base a elaboração de várias matrizes de risco, presentes no Anexo B, associadas a cada perfil de risco, culminando assim, todo o trabalho/estudo desenvolvido numa matriz que pode ser analisada, e que permite interpretar, perante a filosofia da empresa, o plano criado.

A matriz de risco criada pela empresa baseia-se no princípio do risco em função da sua probabilidade de acontecimento e do impacto que apresenta. O nível de risco é obtido do cruzamento da frequência das falhas com o respetivo impacto no caso de estas acontecerem.

O impacto das falhas tem em conta vários indicadores:

- ❖ Segurança de pessoas;
- ❖ Ambiente;
- ❖ Repercussão nos Média e População;
- ❖ TIEPI MT Interno (min.) (qualidade de serviço);
- ❖ Resultados (k€).

Cada um dos indicadores é classificado em 5 níveis de severidade, com critérios bem definidos (mas que por razões de confidencialidade não poderão ser apresentados neste relatório). O impacto final é o maior nível de severidade de entre os vários indicadores considerados.

No que respeita à matriz, as principais divisões desta são: o impacto de uma falha e a probabilidade da ocorrência de uma falha; onde cada uma tem subdivisões, que depois de cruzadas permitem obter o nível de risco correspondente ao perfil criado. Na Figura 5.3 pode-observar a estrutura geral da matriz descrita.

Impactos						Frequência				
Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos					
Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
						muito elevada	elevada	média	baixa	muito baixa
						(f ≤ 0,5)	(1 ≥ f > 0,5)	(2 ≥ f > 1)	(5 ≥ f > 2)	(5 ≥ f)
						5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 muito crítico					I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico					I3	I5	M6	M2	A10
	3 significado alto					I6	M7	M3	A9	A6
	2 significado médio					M8	M4	A8	A5	A3
	1 significado baixo					A11	A7	A4	A2	A1

Figura 5.3 - Matriz de Risco Empresarial

Partindo dos perfis de risco que irão ser referidos na Secção 5.2.2, pode-se fazer uma correspondência para o nível da matriz de risco empresarial e enunciar quais as características resultantes dessa analogia, traçando desta forma os objetivos da aplicação do plano de manutenção.

Os níveis de risco que se obtiveram e a demonstração da necessidade ou não de manutenção obedece a três pontos-chave em relação ao risco:

- ✓ **Inadmissível** – requer medidas imediatas (níveis I_x da Matriz de Risco);
- ✓ **Moderado** – requer medidas de mitigação planeadas (níveis M_x da Matriz de Risco);
- ✓ **Aceitável** – requer plano de contingência (níveis A_x da Matriz de Risco).

5.2.1. Cálculos – Parâmetros da Matriz

Uma análise realizada anteriormente no âmbito de um outro trabalho de estágio na EDPD [29], focada na Zona Centro e para um determinado período, foi considerada para

o total das avarias registadas a nível nacional. É necessário nesta fase ter esse estudo anterior em consideração. A atribuição de um peso à análise atual e de outro à análise do estudo anterior, permite obter um valor do índice de avarias mais rigoroso e desta forma aumentar o grau de confiança do estudo.

Primeira análise (estudo anterior):

⇒ De 15.12.2003 a 07.05.2013;

⇒ Zona Centro.

Segunda análise (estudo atual):

⇒ De 07.05.2013 a 19.11.2014;

⇒ Nacional (Portugal Continental).

Foi assim atribuído um coeficiente de ponderação, de forma a ter em conta a janela temporal das análises elaboradas (estudo anterior e atual) e as zonas do país abrangidas, em cada análise. A estratégia apresentada foi conseguida após considerações abordadas com o Supervisor da empresa e considerou a atribuição de um peso de 0,7 (p_2) para o tempo do estudo e 0,3 (p_1) para a zona abrangida em cada um deles. As conclusões finais consideraram os coeficientes $\alpha_1 = 0,669$ para o primeiro estudo e $\alpha_2 = 0,331$ para o segundo estudo, obtidos através das Eq. 5.1 e Eq. 5.2, respetivamente, e que são apresentadas na Tabela 5.3. No Anexo C são apresentadas tabelas mais detalhas sobre a abordagem seguida, bem como os valores de $I_{A \text{ e } B}$ (nº de instalações do estudo) e $T_{A \text{ e } B}$ (tempo do estudo em anos).

$$\alpha_1 = I_A * p_1 + T_A * p_2 \quad (5.1)$$

$$\alpha_2 = I_B * p_1 + T_B * p_2 \quad (5.2)$$

Tabela 5.3 – Tabela Coeficientes (peso de cada análise)

Estudo	Peso
Anterior	0,669
Atual	0,331

A agregação das duas análises realizadas permite obter os resultados referentes à taxa média de avarias por ano, f (*médio*), e à taxa de avarias por ano para o caso mais crítico, f (*crítico*), apresentadas na Eq 5.3 e na Eq. 5.4, respetivamente. Para uma melhor descrição de todos os passos da abordagem utilizada pode-se consultar o Anexo A.3.

$$f(\text{médio}) = \alpha_1 * f_{1(MED)} + \alpha_2 * f_{2(MED)} = 5,268 \text{ (anos)} \quad (5.3)$$

$$f(\text{crítico}) = \alpha_1 * f_{1(CRI)} + \alpha_2 * f_{2(CRI)} = 1,072 \text{ (anos)} \quad (5.4)$$

Através das equações 5.1 e 5.2, conclui-se que em média uma instalação só apresenta problemas em algum dos seus equipamentos passados **5,268 anos**. No entanto, para um acontecimento crítico, isto é, no pior caso, este poderá acontecer em cerca de **1,072 anos**.

Apesar do risco estar sempre presente, a avaliação feita para gerar o plano teve em conta sempre o pior caso, partindo assim duma situação mais crítica para a rede, indo de encontro às orientações da EDP para se considerarem sempre os piores casos nos exemplos analisados.

5.2.2. Perfis de Risco

Perfil I, associado aos FE, após a divisão por MOXA, e SE de muito alta criticidade, apresenta um nível I4 na matriz, e portanto inaceitável, tendo a utilização do novo plano de manutenção o objetivo de reduzir o nível de criticidade (para o nível M1 neste caso). Desta forma, conseguiu-se diminuir a probabilidade de falha, mas o impacto encontra-se ainda elevado e como estamos a tratar de instalações muito críticas, a EDPD sentiu a necessidade de tentar minimizar também o impacto, dado que o plano permite reduzir ao

máximo a probabilidade. Por essa razão, estabeleceu-se um protocolo com a Alcatel, chamado de *Gold Card*, que permitirá reduzir o impacto em caso de falha, tentando dessa forma alcançar o nível A10. Este perfil, de acordo com o plano de manutenção, estará relacionado com MPS realizadas anualmente.

Perfil II está, tipicamente, associado a SE muito críticas, aos antigos *FrontEnds* - antes da divisão de MOXA - instalações do Despacho e instalações do telecomando da EDP Produção (EDPP). Corresponde ao nível M6 (um nível ainda moderado) da matriz, e tem como objetivo atingir o nível A9 (aceitável). Numa primeira abordagem, o plano de manutenção permite reduzir a probabilidade de falha, conseguindo desta forma atingir o nível M2, só que este ainda não é o nível que se pretende e assim foi necessário recorrer novamente ao contrato a estabelecer com a Alcatel, o *Gold Card*, já analisado anteriormente quando foi abordado o **Perfil I**, para ajudar a reduzir o impacto. Este perfil, tendo em conta ao plano de manutenção, está associado com MPS realizadas de 2 em 2 anos.

Perfil III encontra-se tipicamente associado a SE críticas, bem como a Edifícios (administrativos ou de serviços) e Repetidores de Reserva. O nível da matriz de risco onde se inicia é o M3, que, após a aplicação do plano, tende a ser substituído pelo nível A9 recorrendo a uma manutenção com ciclos de 3 anos.

Na Figura 5.4 é possível observar a alteração do nível de risco para um *site* de perfil III, com a aplicação do novo plano proposto.

	Impactos					Frequência					
	Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade e de Serviço						Económicos
	Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
							muito elevada	elevada	média	baixa	muito baixa
							(f ≤ 0,5)	(1 ≥ f > 0,5)	(2 ≥ f > 1)	(5 ≥ f > 2)	(5 ≥ f)
						5	4	3	2	1	
Nível de Severidade	5 muito crítico						I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico						I3	I5	M6	M2	A10
	3 significado alto						I6	M7	M3	A9	A6
	2 significado médio						M8	M4	A8	A5	A3
	1 significado baixo						A11	A7	A4	A2	A1

Figura 5.4 - Exemplo: Transição de nível na Matriz de Risco, perfil III

Perfil IV, referente a SE de significado menos crítico, permite considerar um baixo impacto para o nível da matriz, obtendo o nível A8. Apesar do nível ser satisfatório, existe sempre espaço para melhorias. Com ciclos de 4 anos, considera-se que se consegue diminuir para o nível A5.

Perfil VI encontra-se dividido em dois sub-perfis, ou seja, o (a) e o (b), uma vez que o primeiro diz respeito às instalações onde a EDPD apenas apresenta alguns equipamentos ativos, ou, no segundo, porque são *sites* terminais da rede e que não colocam em risco as restantes instalações em caso de falha. Sendo este o perfil menos crítico do plano a matriz de risco também traduz essa situação.

Assim é possível obter:

Perfil VI (a) considera os Parques Eólicos, as Centrais de Produção e as Barragens que têm equipamento referentes à EDPD mas que são instalações que pertencem à EDPP e à EDP Renováveis (EDPR). O nível correspondente da matriz é o A7, o que através do plano e com MPS de 4 em 4 anos, permitirá passar para o nível A4.

Perfil VI (b) é referente na sua generalidade aos PT/PS, apresentando-se estes, na sua maioria, como pontos terminais da rede e que não representam um impacto significativo para a mesma. Este facto levou à adoção de uma política de manutenção puramente corretiva (MC) para estes casos.

Perfil V caracteriza os Repetidores Rádio dotados de tecnologia VHF e/ou Microondas, e, por essa razão, deve ser observado de uma forma particular, dado que as instalações sejam elas FE, SE ou Edifícios, apresentam uma estrutura e características diferentes dos Repetidores, nomeadamente a exposição a fatores externos.

Desta forma foram considerados três aspetos a ter em conta para este perfil, o que permitiu dividir o mesmo em três sub perfis. Assim, os aspetos considerados foram:

- ✓ O número de unidades TCSE equivalentes;
- ✓ Existência de Rádio de Reserva;
- ✓ Existência ou não de redundância na transmissão.

O valor das unidades TCSE equivalentes foi obtido através da metodologia que será apresentada de seguida, nas Equações 5.1, 5.2 e 5.3.

Considerando que o número de unidades TCMT a nível nacional são cerca de 6000 e sabendo que a potência total instalada na rede registada em finais de 2013 é de 19833 [MVA] e ainda que a potência por SE é de 44,8 [MVA], é possível obter o valor por unidade TCMT e posteriormente o valor do peso das unidades TCMT em relação às unidades TCSE.

$$Pot. Média (unid. TCMT) = \frac{Potência Total Instalada}{N^o de Unidades} [MVA] \quad (5.1)$$

$$Pot. Média (unid. TCMT) = \frac{19833}{6000} = 3,3 [MVA] \quad (5.2)$$

$$Peso Relativo (por unid.) = \frac{3,3 * 100}{44,8} = 7 \quad (5.3)$$

Deste modo, uma unidade TCSE corresponde, em média, a 7 unidades TCMT, em termos de peso para a rede elétrica.

Com base nas considerações anteriores, será feita uma abordagem descritiva dos diferentes perfis referente à divisão do **Perfil V** em três sub-perfis, que podem ser observados na Tabela 5.4 e que serão descritos a seguir.

Tabela 5.4 - Perfis de Risco associados aos Repetidores

Peso/Redundância	MW + VHF + Rádio reserva	s/ Redundância ou Rádio reserva
>= 4 (unidades TCSE equiv.)	Perfil: V (b)	Perfil: V (a)
< 4 (unidades TCSE equiv.)	Perfil: V (c)	Perfil: V (b)

Entre o **Perfil IV** e o **Perfil VI**, falta enunciar o **Perfil V** por uma questão de coerência. Este só é apresentado em último lugar, com o objetivo de o demarcar dos restantes e de forma a dar-lhe algum destaque.

Perfil V (a), que corresponde a um nível M7 da matriz de risco, sendo o mais crítico dos três, uma vez que apresenta 4 ou mais unidades TCSE equivalentes, não possui sistema de redundância e não tem rádio de reserva associado. O objetivo do plano de manutenção é reduzir para um nível A9 na matriz de risco, mas como os Repetidores se encontram mais sujeitos aos fatores externos do que os outros *sites*, para o conseguir será necessário a realização de MPS com ciclos anuais.

Perfil V (b) pode apresentar duas situações que vão culminar neste mesmo perfil, que corresponde a um nível M4 da matriz. Numa primeira abordagem consideraram-se neste perfil as instalações onde o número de unidades TCSE equivalentes é igual ou superior a 4 incluindo um sistema redundante acompanhado de um Rádio de Reserva. Na segunda abordagem consideraram-se as instalações com menos de 4 unidades TCSE equivalentes e onde não existe sistema redundante nem rádio de reserva.

Perfil V (c) considera a existência de redundância e rádio de reserva, mas o número de unidades TCSE equivalentes terá que ser inferior a 4.

As associações dos perfis, com a matriz de risco podem ser consultadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Perfis de Risco e Enquadramento

Perfis	Enquadramento	
	Impacto – Rede Telecom. (equiv. TCSE)	Tipos de Instalações
I	≥ 30	FE (nova estrutura por divisão de MOXAS - Fase 2)
II	≥ 10	Antigos FE Despacho EDPP
III	$4 \leq x \leq 10$	Edifícios Administrativos Repetidores de reserva
IV	< 4	Subestações terminais
V (a)	≥ 4	Repetidores (s/ Redundância ou Rádio Reserva)
V (b)	≥ 4	Repetidores (c/ MW+VHF+Rádio Reserva)
V (b)	< 4	Repetidores (s/ Redundância ou Rádio Reserva)
V (c)	< 4	Repetidores (c/ MW+VHF+Rádio Reserva)
VI (a)	-	PE's/Barragens/Centrais
VI (b)	-	PT's

6. PROPOSTA DE MANUTENÇÃO

A proposta que será apresentada neste capítulo resulta da agregação de toda a informação e conclusões apresentadas nos Capítulos 3, 4 e 5, permitindo assim atingir um dos objetivos propostos neste Relatório de Estágio e que se prende com a criação de um plano de manutenção para os equipamentos de telecomunicações, baseado numa nova abordagem da condição e do risco em relação aos ativos. Nesta fase será excluída a vertente da FO, que já foi introduzida no Capítulo 2 mas que devido à sua importância será apresentada separadamente no Capítulo 7, levando à criação de um plano de manutenção independente. De salientar que o MNRD é o responsável pela manutenção das Linhas AT/MT e pelas Ligações FO e também por essa razão faz sentido um plano desagregado das restantes tecnologias que se encontram a cargo do MNSE, mais concretamente, do Departamento dos Sistemas.

6.1. Política Preconizada no Passado

Em 2011, foi criado e aprovado um documento que regia a política de manutenção para o Departamento de Operação e Manutenção da Direção de Automação e Telecontrolo (ATOM), direcionada à manutenção dos ativos, da responsabilidade daquele departamento, e no qual se preconizava a realização de uma política de manutenção preventiva sistemática, a qual era fundamentalmente baseada numa estratégia TBM, já apresentada no Capítulo 3 [21], [24].

No que diz respeito aos equipamentos de telecomunicações em particular, esta política permitia distribuir a manutenção dos ativos por diferentes janelas temporais, tendo como referência a tecnologia usada em cada ponto da rede. Desta forma, seria possível executar uma manutenção preventiva, para evitar ou diminuir o risco de falha de um equipamento ou sistema, aliada a uma manutenção corretiva em caso de falha não programada.

Na Tabela 6.1 será apresentada a estrutura da política preconizada no documento da estratégia de manutenção ATOM.

Tabela 6.1 - Política ATOM (2011) - TBM/MPS

Política ATOM 2011 (TBM/MPS)	
Tecnologia	Tipo de Manutenção
PLC	MPS 1 ano
SDH	MPS 2 anos
PDH	MPS 3 anos
Repetidores Rádio	MPS 1 ano
Repetidores Microondas	MPS 2 anos

De forma a poder compará-la com a política a propor no âmbito deste trabalho, foi realizado um estudo do impacto dessa política na atividade do departamento responsável pela sua implementação, do qual resultaram as Tabelas 6.2 e 6.3.

Tabela 6.2 - TBM - Número de Equipamentos por Tecnologia e por Zona Geográfica

Número de Equipamentos por Tecnologia				
TECNOLOGIA	SDH	PDH	Rádio VHF	Rádio Microondas
NORTE	26	150	27	12
CENTRO	21	154	22	35
SUL	36	224	26	74
TOTAL	83	528	75	121

Número de Equipamentos por Tecnologia			
TECNOLOGIA	PLC	Equipamentos IP	TOTAL
NORTE	2	13	15
CENTRO	9	4	13
SUL	0	1	1
TOTAL	11	18	29

Tabela 6.3 - TBM - Número de Intervenções (MPS) por Zona do País

Número de Sites por Periodicidade TBM				
NORTE				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	29	38	150	0
CENTRO				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	31	56	154	0
SUL				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	26	110	224	0

No entanto, com o decorrer do trabalho e da evolução da análise efetuada, foi possível deduzir que o tipo de tecnologia de cada instalação não se encontra necessariamente relacionado com a criticidade da mesma, uma vez que a probabilidade de falha é independente da tecnologia. Por outro lado, o impacto causado pela falha de uma instalação, tem um peso mais significativo na sua criticidade do que a tecnologia que lhe está associada, não estando diretamente associado à tecnologia. Desta forma, e apesar do modelo ter sido um bom ponto de partida, estava-se, todavia, perante uma estratégia de manutenção pouco inteligente e à qual poderia estar associada uma má distribuição de recursos, assim como uma exigência excessiva e desnecessária de força de trabalho, conduzindo a um sobrecusto para a EDPD.

6.2. Proposta de Evolução

De acordo com a análise feita anteriormente, a política de manutenção foi repensada com a finalidade de otimizar o sistema de MPS existente. Com esse objetivo em mente e utilizando uma nova abordagem estratégica baseada no estado e no risco, denominada de CBRM, que tem em conta o facto da grande maioria dos equipamentos de telecomunicações poder ser remotamente supervisionado e o risco que cada um apresenta para a empresa, foi possível desenvolver uma nova estratégia de manutenção de

equipamentos de telecomunicações. Neste momento, a entidade responsável pelos ativos abrangidos é o MNSE, Departamento de Sistemas.

Com base na atribuição de um perfil de risco a cada *site* da rede, definidos durante a realização deste trabalho e apresentado no Capítulo 5, foi possível caracterizar o esforço associado à política agora proposta. A relação entre o perfil de risco e a zona geográfica correspondente, pode ser observada nas Tabelas 6.4 e 6.5.

Tabela 6.4 - CBRM - Número de *Sites* por Perfil/Região (1)

Número de Sites e Nível de Risco por Região (CBRM)				
PERFIL DE RISCO	I	II	III	IV
NORTE	2	15	29	92
CENTRO	0	30	27	85
SUL	7	22	44	193
TOTAL	9	67	100	370

Tabela 6.5 - CBRM - Número de *Sites* por Perfil/Região (2)

Número de Sites e Nível de Risco por Região (CBRM)					
PERFIL DE RISCO	V (a)	V (b)	V (c)	VI(a)	VI (b)
NORTE	2	4	4	10	8
CENTRO	0	11	3	16	0
SUL	7	6	0	6	101
TOTAL	9	21	7	32	109

A política proposta assenta numa divisão das instalações em vários perfis de risco, com 7 perfis de MPS e 1 perfil de Manutenção Corretiva (MC). Na Tabela 6.6 é possível visualizar o número de instalações distribuídas por periodicidade e por zona geográfica.

Tabela 6.6 - CBRM - número de intervenções (MPS) por zona do país

Número de Sites por Periodicidade da MPS (CBRM)				
NORTE				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	4	19	33	102
CENTRO				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	0	41	30	101
SUL				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	14	28	44	199

A fim de obter cada perfil, foi necessário elaborar um levantamento da criticidade de cada instalação, tendo em conta o local e considerando o impacto da falha de cada uma delas no TCSE e no TCMT. Em particular, no caso dos Repetidores e *sites* de acesso aos mesmos, foi atribuído um peso equivalente, com base no número de unidades existentes e na potência instalada a nível nacional, ao número de TCSE.

Seguindo este princípio, e considerando uma probabilidade de falha idêntica para todas as tecnologias e instalações, com exceção dos *sites* repetidores que apresentam, pela sua elevada exposição a fatores externos, uma probabilidade de falha um pouco superior, foram elaborados os perfis de risco já explicados detalhadamente no Capítulo 5, e apresentados de forma resumida na Tabela 5.5 da Secção 5.2.2.

Das matrizes de risco resultantes, e que podem ser visualizadas no Anexo B, foram propostas medidas de mitigação do risco, baseadas na redução da probabilidade de falha, através da elaboração de MPS com a periodicidade adequada à redução do nível de risco para o nível desejável, e que resultou na Tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Perfis da Política de Manutenção CBRM

Política de Manutenção (CBRM/MPS)	
Perfis	Tipo de Manutenção
I	MPS 1 ano
II	MPS 2 anos
III	MPS 3 anos
IV	MPS 4 anos
V (a)	MPS 1 ano
V (b)	MPS 2 anos (complementada com manutenção remota + visual, no ano intercalar)
V (c)	MPS 3 anos (complementada com manutenção remota + visual, nos anos intercalares)
VI (a)	MPS 4 anos
VI (b)	MC

É importante salientar que a utilização de uma MPS de 2 anos (Perfil V (b)) e de 3 anos (Perfil V (c)) para os Repetidores com menos peso na rede, considera que no ano intermédio é feita uma manutenção através de acesso remoto, complementada com uma manutenção com inspeção visual, dado que são equipamentos sensíveis às condições externas (ventos fortes, trovoadas, formação de gelo, entre outros).

Esta estratégia considera também a funcionalidade de supervisão remota, disponível na maioria dos equipamentos, que permite verificar certos tipos de degradação de performance nos ativos e realizar MPS intercalares recorrendo a operações de acesso remoto.

Caso a implementação da proposta se venha a verificar, visto ter sido enviada para aprovação no mês de maio do presente ano, é possível observar uma melhoria no aproveitamento dos recursos, sem que a fiabilidade do sistema seja colocada em causa. Uma análise mais detalhada desta melhoria é efetuada na Secção 6.3.

6.3. Comparação de Esforço entre Políticas

A Tabela 6.8 demonstra a diminuição do esforço anual (número de intervenções) por zona do país, comparando a política anteriormente proposta, baseada na estratégia TBM, com a estratégia CBRM, agora proposta.

Tabela 6.8 - TBM vs CBRM (comparação do esforço)

	Análise Comparativa Esforço TBM vs CBRM (nº de intervenções por ano)			
	NORTE	CENTRO	SUL	NACIONAL
TBM	98	110	156	364
CBRM	50	56	92	198
Variação	-49%	-49%	-41%	-46%

Os valores percentuais, presentes na Tabela 6.8, podem ser traduzidos numa diminuição dos gastos financeiros, dado que se encontram diretamente relacionados com a redução do esforço de intervenções de MPS necessárias e também MC.

É possível observar que a redução ficaria em torno dos 40-50%, que, numa perspetiva anual, se torna bastante significativa. No entanto, a redução verificada na Zona Sul é mais baixa e é facilmente justificada principalmente com a falta de redundância e inexistência de equipamentos de reserva, no que respeita aos Repetidores Rádio.

De forma a concluir a comparação entre a política de manutenção anterior (TBM) e a nova proposta aqui apresentada (CBRM), o gráfico da Figura 6.1 traduz os efeitos da aplicação da política proposta, num formato tridimensional.

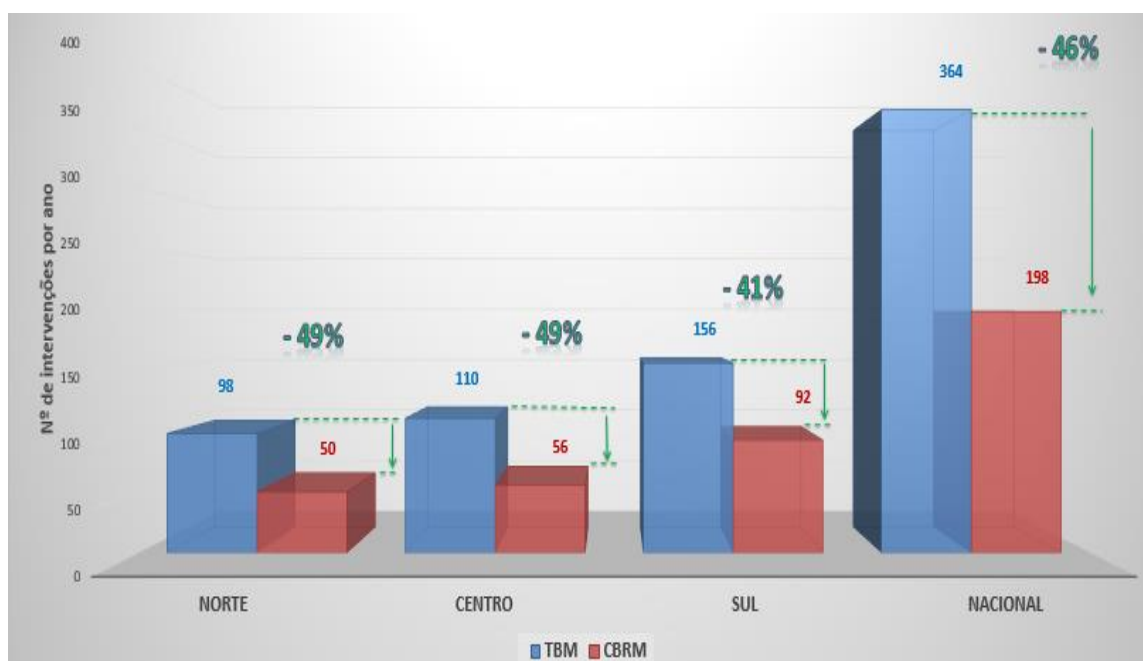


Figura 6.1 - Gráfico: comparação do esforço TBM vs CBRM

Num contexto nacional, pode-se observar uma redução do número de intervenções anuais necessárias em cerca de 166, o que representa menos 46% face à atual política. Desta forma, aumentamos o tempo de disponibilidade da rede, devido à diminuição do número de intervenções necessárias e ao mesmo tempo aumentamos a fiabilidade da rede, sem comprometer os requisitos impostos.

Por analogia, pode-se concluir que haverá uma redução de 46%, numa perspetiva financeira, face aos gastos atuais.

Para concretizar em valores esta percentagem, foram usados os custos calculados na análise feita no relatório de estágio [29], como referência para o custo médio de uma intervenção de Manutenção Corretiva (MC), para o custo do acesso remoto e para o custo médio de uma MPS.

Os valores atribuídos podem ser observados na Tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Custos das Intervenções

Custo médio de intervenção (MC)	800 €
Custo médio da MPS	80 €
Custo de acesso remoto	18 €

Tendo em conta esta perspetiva económica, é possível obter a Tabela 6.10, que permite comparar a nova política com a anterior em termos dos valores associados aos esforços de manutenção.

Tabela 6.10 - Esforço financeiro TBM vs CBRM

	Análise Comparativa Esforço TBM vs CBRM (nº de intervenções por ano)			
	NORTE	CENTRO	SUL	NACIONAL
TBM	7 840 €	8 827 €	12 453 €	136 320 €
CBRM	4 090 €	4 604 €	7 447 €	103 341 €
Variação	-3 750,00 €	-4 222,67 €	-5 006,00 €	-32 978,67 €

Numa avaliação dos resultados, é perceptível a diminuição dos gastos anuais em cerca de 32 mil e 900 euros. Contudo, outras questões que não são aqui traduzidas em valores financeiros, também são bastante importantes, salientando a diminuição do tempo de indisponibilidade, a necessidade de menos recursos humanos, menos deslocações necessárias, rentabilização das deslocações, manutenção mais eficaz das instalações e consequentemente maior duração dos equipamentos sem falhas, o que se traduz com a diminuição do número de Manutenções Corretivas.

6.4. Distribuição das MPS – Zonas Geográficas de Responsabilidade de Manutenção

Em termos da responsabilidade geográfica da manutenção, preconizou-se uma divisão do esforço, de forma equitativa por cada área geográfica (Norte/Centro/Sul) ao longo dos anos, permitindo que seja praticável a implementação das ações necessárias com os recursos atualmente disponíveis no departamento responsável por esta manutenção.

A Divisão Atual de MPS pode ser consultada nas Tabelas 6.11, 6.12 e 6.13.

Tabela 6.11 - Janela temporal MPS (Norte)

	NORTE (Divisão Actual)											
ANOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MPS 1 ano	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
MPS 2 anos	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10
MPS 3 anos	13	10	10	13	10	10	13	10	10	13	10	10
MPS 4 anos	26	25	26	25	26	25	26	25	26	25	26	25
Média Anual	52	49	49	52	49	49	52	49	49	52	49	49

Tabela 6.12 - Janela temporal MPS (Centro)

	CENTRO (Divisão Actual)											
ANOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MPS 1 ano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS 2 anos	20	21	20	21	20	21	20	21	20	21	20	21
MPS 3 anos	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
MPS 4 anos	26	25	25	25	26	25	25	25	26	25	25	25
Média Anual	56	56	55	56	56	56	55	56	56	56	55	56

Tabela 6.13 - Janela temporal MPS (Sul)

	SUL (Divisão Actual)											
ANOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MPS 1 ano	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
MPS 2 anos	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
MPS 3 anos	18	12	14	13	19	16	13	19	16	13	19	16
MPS 4 anos	51	51	49	48	50	51	51	51	50	51	51	51
Média Anual	97	91	91	89	97	95	92	98	94	92	98	95

As médias de intervenções anuais obtidas são:

- ❖ Norte: 50;
- ❖ Centro: 56;
- ❖ Sul: 93.

Dentro de cada área geográfica será também tida em conta a organização por zona, com a finalidade de rentabilizar as deslocações para a realização das MPS.

De salientar que, foi também elaborado um levantamento das diferenças registadas no que respeita à nova organização geográfica de responsabilidade de manutenção e que na altura da elaboração de revisão do plano não eram ainda conhecidas. Sabendo que a aplicação do plano tem em consideração o enquadramento geográfico e que o mesmo irá sofrer alterações a curto prazo, foi importante perceber quais as alterações que se irão registar no que respeita à distribuição de MPS, de acordo com a nova divisão de responsabilidades, como se apresenta na Tabela 6.14.

Tabela 6.14 - CBRM - Número de Intervenções (MPS) por Zona do País (Nova Divisão)

Nº de Sites por Periodicidade da MPS (CBRM)				
NORTE				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	4	27	37	119
CENTRO				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	2	35	36	119
SUL				
Nº DE ANOS	1	2	3	4
TOTAL DE SITES	12	26	34	164

A Nova Divisão de MPS pode ser consultada nas Tabelas 6.15, 6.16 e 6.17.

Tabela 6.15 - Janela temporal MPS (Norte) (Nova Divisão)

NORTE + ZONA DE AVEIRO												
ANOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MPS 1 ano	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
MPS 2 anos	13	14	13	14	13	14	13	14	13	14	13	14
MPS 3 anos	13	12	12	13	12	12	13	12	12	13	12	12
MPS 4 anos	30	30	30	29	30	30	30	29	30	30	30	29
Média Anual	60	60	59	60	59	60	60	59	59	61	59	59

Tabela 6.16 - Janela temporal MPS (Centro) (Nova Divisão)

CENTRO + ZONA DE PORTALEGRE/ABRANTES (s/ zona de Aveiro)												
ANOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MPS 1 ano	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MPS 2 anos	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17	18	17
MPS 3 anos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
MPS 4 anos	29	30	30	30	29	30	30	30	29	30	30	30
Média Anual	61	61	62	61	61	61	62	61	61	61	62	61

Tabela 6.17 - Janela temporal MPS (Sul) (Nova Divisão)

SUL (s/ zona de Portalegre & Abrantes)												
ANOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MPS 1 ano	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
MPS 2 anos	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
MPS 3 anos	12	11	11	12	11	11	12	11	11	12	11	11
MPS 4 anos	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Média Anual	78	77	77	78	77	77	78	77	77	78	77	77

Através das novas janelas temporais de MPS, foi possível registar algumas diferenças na média de intervenções anuais em cada zona.

As médias de intervenções anuais obtidas são:

- ❖ Norte: 60;
- ❖ Centro: 61;
- ❖ Sul: 77.

Assim, é possível verificar que aumentou o equilíbrio entre as diferentes zonas do país no número de intervenções anuais, otimizando assim o esforço de cada uma delas. Na Tabela 6.18 é demonstrada a variação entre as duas distribuições geográficas de intervenções, na política atual e na nova proposta.

Tabela 6.18 - Divisão de Responsabilidades: comparativo Actual vs Nova

Análise Comparativa Esforço ACTUAL vs NOVA (nº de intervenções por ano)			
	NORTE	CENTRO	SUL
ACTUAL	50	56	92
NOVA	60	61	77
Variação	19%	10%	-16%

Neste contexto, verificou-se assim que a Zona Sul reduziu o seu esforço, apesar do aumento na Zona Norte e na Zona Centro. Isto, no que respeita ao número total de MPS realizadas por ano, o que não se traduz no número de instalações, onde, sem dúvida, o centro aumentou bastante a sua responsabilidade.

6.5. Caso Prático de Aplicação da Nova Política

A criação de um plano de manutenção permite garantir uma melhor qualidade no que concerne às intervenções de manutenção, levando a um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, mas também permite avaliar com maior rigor os gastos que advêm das mesmas, para a EDPD.

O estudo de caso, a apresentar, faz uso da estratégia criada e permitiu avaliar os custos associados aos gastos que a EDPD tem na manutenção de equipamentos em instalações que pertencem às empresas do Grupo EDP, sendo estas a EDP Renováveis (EDPR) e a EDP Produção (EDPP).

Para este estudo foi elaborada uma lista das instalações associadas ao critério anteriormente referido para cada empresa, EDPR e EDPP, e que pode ser consultada no Anexo D.

No que respeita à taxa média de avarias por equipamento, foi utilizada como referência a obtida no estudo nacional, dado que é a que mais se aproxima da realidade e permite considerar um valor mais fiável, em comparação ao valor que se iria obter se a taxa fosse calculada, usando apenas as instalações da lista elaborada.

A Taxa Média de Avarias (MTBF) apresenta-se na Equação 6.1.

$$\lambda_{MED} = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Inter.Tempo} * N^{\circ} \text{ de Equip.}} = 0,213 \text{ (avarias por ano)} \quad (6.1)$$

6.5.1. EDP RENOVÁVEIS

6.5.1.1. Instalações e Avarias

No acaso da EDPR, existem 42 instalações envolvidas neste estudo que se apresentam divididas na Tabela 6.19 pelos respetivos perfis de risco.

Tabela 6.19 - EDPR: instalações e Perfil de Risco

PERFIL	Nº Total de Inst.
I	1
II	2
III	4
IV	1
VI (a)	30
VI (b)	0
V (a)	1
V (b)	3
TOTAL	42

Para efeitos de custo, não foram consideradas as instalações da EDPR na sua totalidade, tendo em conta que existem algumas onde a EDPD também tem equipamentos que em nada estão relacionados com a EDPR, logo as equipas da EDPD não vão apenas realizar a manutenção dos equipamentos da EDPR, mas também dos seus.

A Tabela 6.20, permite demonstrar essa divisão e obter o número de instalações equivalentes resultantes, que considera a junção das instalações exclusivamente da EDPR e as instalações partilhadas com a EDPD, o que implicou que só metade das instalações da EDPR fossem consideradas.

Tabela 6.20 - EDPR: nº de instalações equivalentes

	Nº de Instalações EDPR	Nº de Instalações Partilhadas	Nº de Inst. equiv. para efeitos de custos
NORTE	10	1	
CENTRO	11	6	
SUL	9	5	
TOTAL	30	12	36

Para o cálculo do número de avarias, tendo em conta que os *sites* da EDPR se encontram com uma maior exposição aos fatores externos, por informação da equipa que assegura a sua manutenção, as avarias a considerar correspondem a uma média com 50% das avarias em relação à média da rede da EDPD, isto é, o valor 1,5 apresentado na Eq. 6.2. Por fim, multiplicou-se o valor resultante pela taxa média de avarias nacional, o que permitiu obter um valor aproximado para a taxa de avarias da EDPR, anualmente.

De forma a obter o número médio de avarias anual, é necessário ter em consideração que metade das ligações registadas podem sofrer avaria, o que permite escrever a Eq. 6.2, onde λ_{MED} é a taxa média de avarias por ano.

$$N^{\circ} \text{ Médio de Avarias} = \lambda_{MED} * (1,5 * N^{\circ} \text{ Total de Equip.})$$

$$N^{\circ} \text{ Médio de Avarias} = 0,213 * (1,5 * 36) = 12 \text{ (anual)} \quad (6.2)$$

6.5.1.2. Custos Resultantes

No que respeita ao cálculo dos custos, foi necessário obter um custo médio de uma intervenção de Manutenção Corretiva e de uma Manutenção Preventiva Sistemática. Para

o efeito foram considerados valores resultantes de um estudo anteriormente realizado e referido em [29], onde já tinham sido calculados ambos os valores.

Assim, tendo em conta o resultado do número médio de avarias anuais, foi possível obter o valor apresentado na Tabela 6.21.

Tabela 6.21 - EDPR: custos totais das MC

Manutenção Correctiva	
Custo - Serviços de Manutenção	9 202 €

No que respeita ao número de instalações equivalentes, depois de dividir as mesmas numa janela temporal de manutenção, que pode ser consultada no Anexo D, obtiveram-se os custos das MPS presentes na Tabela 6.22.

Tabela 6.22 - EDPR: custos totais MPS

MPS's (média anual)	
Custo - Serviços de Manutenção	843 €

Associando os custos envolvendo os dois tipos de manutenção, e adicionando uma margem de gestão por parte da EDPR, conclui-se que o custo total anual resulta no apresentado na Tabela 6.23.

Tabela 6.23 - EDPR: custos totais de manutenção

Custos Totais: MPS's + MC (anual)	
Margem de Gestão	20%
TOTAL - Custos da Prestação de Serviços de Manutenção	12 054 €

6.5.2. EDP PRODUÇÃO

6.5.2.1. Instalações e Avarias

No acaso da EDPP, existem 27 instalações envolvidas neste estudo, que se apresentam divididas na Tabela 6.24 pelos respetivos perfis de risco.

Tabela 6.24 - EDPP: instalações e perfil de risco

PERFIL	Nº Total de Inst.
I	0
II	1
III	2
IV	10
VI (a)	13
VI (b)	0
V (a)	0
V (b)	1
TOTAL	27

Para efeitos de custo não foram consideradas as instalações na sua totalidade, tendo em conta que existem algumas, onde a EDPD também tem equipamentos que em nada estão relacionados com a EDPD, logo as equipas de manutenção da EDPD não vão apenas realizar a manutenção dos equipamentos da EDPD, mas também dos seus.

A Tabela 6.25 permite ilustrar essa divisão e obter o número de instalações equivalentes resultantes, que considera a junção das instalações exclusivamente da EDPD e as instalações partilhadas com a EDPD, o que resultou em que só metade das instalações da EDPD fossem consideradas.

Tabela 6.25 - EDPP: nº de instalações equivalentes

	Nº de Instalações EDPR	Nº de Instalações Partilhadas	Nº de Inst. equiv. para efeitos de custos
NORTE	1	4	23
CENTRO	6	2	
SUL	12	2	
TOTAL	19	8	

Para o cálculo do número de avarias, tendo em conta que os *sites* da EDPP se encontram com uma maior exposição aos fatores externos, por informação da equipa que assegura a sua manutenção, as avarias a considerar correspondem a uma média com 50% das avarias em relação à média da rede da EDPD, isto é, o valor 1,5 apresentado na Eq. 6.2. Por fim, multiplicou-se o valor resultante pela taxa média de avarias nacional, o que permitiu obter um valor aproximado para a taxa de avarias da EDPP, anualmente.

De forma a obter o número médio de avarias anual, é necessário ter em consideração que metade das ligações registadas podem sofrer avaria, o que permite escrever a Eq. 6.3, onde λ_{MED} é a taxa média de avarias por ano.

$$N^{\circ} \text{ Médio de Avarias} = \lambda_{MED} * (1,5 * N^{\circ} \text{ Total de Equip.})$$

$$N^{\circ} \text{ Médio de Avarias} = 0,213 * (1,5 * 23) = 7 \text{ (anual)} \quad (6.3)$$

6.5.2.2. Custos Resultantes

No que respeita ao cálculo dos custos, foi necessário obter o custo médio de uma intervenção de Manutenção Corretiva e de uma Manutenção Preventiva Sistemática. Para o efeito, foram considerados valores resultantes de um estudo anteriormente realizado e referido em [29], onde já tinham sido calculados ambos os valores.

Assim, tendo em conta o resultado do número médio de avarias anuais, foi possível obter o valor apresentado na Tabela 6.26.

Tabela 6.26 - EDPP: custos totais das MC

Manutenção Correctiva	
Custo - Serviços de Manutenção	5 879 €

No que respeita ao número de instalações equivalentes, depois de dividir as mesmas numa janela temporal de manutenção, que pode ser consultada no Anexo D, obteve-se o resultado expresso na Tabela 6.27.

Tabela 6.27 - EDPP: custos totais MPS

MPS's (média anual)	
Custo - Serviços de Manutenção	497 €

Associando os custos envolvendo os dois tipos de manutenção, e com a adição de uma margem de gestão por parte da EDPD, conclui-se que o custo total anual resulta no apresentado na Tabela 6.28.

Tabela 6.28 - EDPP: custos totais de manutenção

Custos Totais: MPS's + MC (anual)	
Margem de Gestão	20%
TOTAL - Custos da Prestação de Serviços de Manutenção	7 651 €

6.5.3. RESULTADOS

Na conclusão deste estudo, o qual coloca a EDPD como uma prestadora de serviços de manutenção dentro do grupo EDP, apresenta-se na Tabela 6.29 uma soma dos custos, de forma a dar uma visão global dos gastos da EDPD em relação à manutenção realizada para as outras empresas do grupo, tendo em conta tanto as instalações partilhadas, bem como as que são inteiramente da EDPR ou EDPP.

Tabela 6.29 - Custos totais de manutenção (EDPR + EDPP)

Custos Totais: MPS's + MC (anual)	
Margem de Gestão	20%
TOTAL - Custos da Prestação de Serviços de Manutenção	19 680 €

7. REDE DE FIBRAS ÓTICAS

No que respeita à FO, devido à sua elevada importância para a rede de telecomunicações, foi dedicado um capítulo para descrever todos os elementos referentes a esta tecnologia. Trata-se, sem dúvida, de uma das maiores evoluções da história das comunicações e, hoje em dia, é vista como aquela que permite um dos melhores acessos, no que respeita ao meio físico de transporte da informação [31]. As fibras óticas são o principal meio usado pelas telecomunicações da rede privativa e que suporta as comunicações entre os equipamentos das diferentes tecnologias, já analisados nos capítulos anteriores.

De forma a mitigar os riscos de falha, o MNRD é responsável pela manutenção dos troços de fibra, normalmente associados a uma linha AT ou MT, como se pôde constatar no Capítulo 2, quando se abordou a FO.

Neste capítulo, será feita uma análise similar à apresentada para as tecnologias de telecomunicações, com a caracterização das avarias existentes e a definição dos perfis de risco, resultando num plano de manutenção aliado a um modelo para análise do índice de saúde de cada Ligação FO. Adicionalmente, é concretizada a estratégia preconizada em [10], para a implementação de unidades de teste ótico em várias zonas estratégicas, que através de um sistema de supervisão em tempo real da rede pretende mitigar os problemas que afetam as ligações e otimizar a manutenção sobre essa mesma rede.

7.1. Caracterização das Avarias

No que diz respeito à FO, as avarias envolvem normalmente um número elevado de instalações afetadas em termos de telecomando, o que representa uma taxa de indisponibilidade de serviço elevada, caso existam avarias ou anomalias.

O número de avarias associadas às Ligações FO foi recolhido através dos registos em bases de dados internas, entre 2010 e 2014, ou seja, uma janela de observação de 4 anos. A sua compilação foi retirada de uma dissertação de mestrado [10]. Conforme apresentado nesse trabalho, essa compilação, por motivos de escassez e dispersão de informação, peca por defeito e as avarias terão sido na realidade mais do que as documentadas. É de referir que muitas das bases de dados mencionadas para a recolha da informação das tecnologias de telecomunicações analisadas anteriormente, serviram

também de base para a recolha desta informação relativa à FO, principalmente a base de dados SAP, programa de apoio utilizado pela EDPD para o registo de intervenções, que corresponde mais concretamente ao programa Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados.

O número de ligações FO atual ultrapassa as 790, e a sua divisão por zona do país pode ser observada na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Número da Ligações FO por Tipo de Cabo e Zonas do País

	NORTE	CENTRO	SUL (Tejo)	SUL (Sul)	NACIONAL
ADSS	25	22	68	56	171
CONDUTA	50	17	168	33	268
OPGW	139	119	43	47	349
MICROCABLE	0	3	0	0	3
"Figura 8"	0	0	0	2	2
TOTAL	214	161	279	138	793

7.1.1. Modos de Falha

Fazendo uma analogia com os equipamentos de telecomunicações caracterizados anteriormente, também para a FO deveriam existir vários modos de falha para analisar. No entanto, com base na lista menos extensa das avarias associadas à FO, cerca de 80, e que podem ser analisadas no Anexo E, é possível concluir que o modo de falha mais comum é a falha de comunicação.

É possível que algumas dessas falhas estejam relacionadas com o *Optical Distribution Frame* (ODF) ou com as caixas de fusão, mas com pouca ou nenhuma expressão na lista recolhida.

7.1.2. Causas das Avarias

Relativamente às causas das avarias, existem algumas mais comuns e que se encontram representadas graficamente na Figura 7.1.

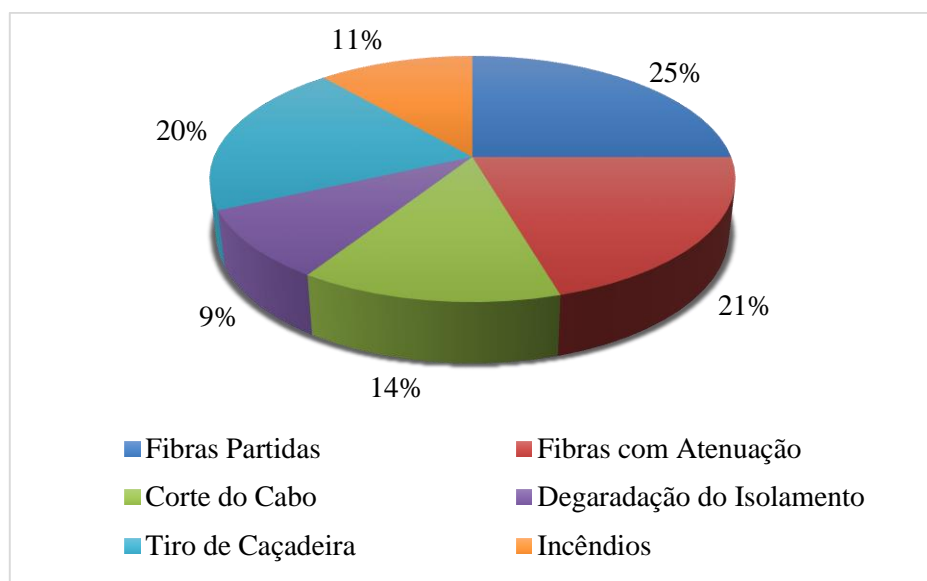


Figura 7.1 - Causas das Avarias na FO

Tendo em conta que o modo de falha está associado à falha de comunicação, todas as causas das avarias se encontram relacionadas.

Como é possível observar, na listagem de avarias existem as seguintes causas mais comuns:

- ❖ Corte do Cabo;
- ❖ Fibras Partidas;
- ❖ Fibras com Atenuação;
- ❖ Degradação do Isolamento;
- ❖ Incêndio;
- ❖ Tiro de Caçadeira.

Após esta análise, conclui-se que a percentagem de Fibras com Atenuação, no total das avarias registadas, é a mais elevada. É possível identificar essa situação dado que existem vários fatores que podem contribuir para esse efeito, mais do que para os restantes.

Os principais são:

- ❖ Má fusão das fibras;
- ❖ Dobragem/vinco das fibras;

- ❖ Equipamento ODF com problemas;
- ❖ Cabo *Patch-Cord* mal ligado;
- ❖ Problemas na caixa de fusão.

A listagem de avarias permitiu também retirar conclusões sobre o tipo de cabo mais afetado. Assim, o cabo ADSS (já apresentado no Capítulo 2), tendo em conta a sua posição de instalação (debaixo das linhas aéreas), e o tipo de materiais da sua constituição, é considerado como um cabo menos resistente quando se trata de acontecimentos externos. Adicionalmente, a zona de instalação, que é mais próxima do solo, também não é favorável.

Existem três situações mais comuns no que se refere a danos sofridos, principalmente pelo cabo ADSS, que são:

- ❖ Tiros de Caçadeira;
- ❖ Furtos/Vandalismo (devido à sua semelhança exterior com os cabos de cobre);
- ❖ Incêndios.

Como já foi referido, o cabo ADSS é o mais afetado pelas avarias. Na Figura 7.2 pode-se verificar as percentagens de avarias para o cabo ADSS e para os restantes tipos de cabo, evidenciando o peso relativo de cada um no total das **83 avarias** registadas.

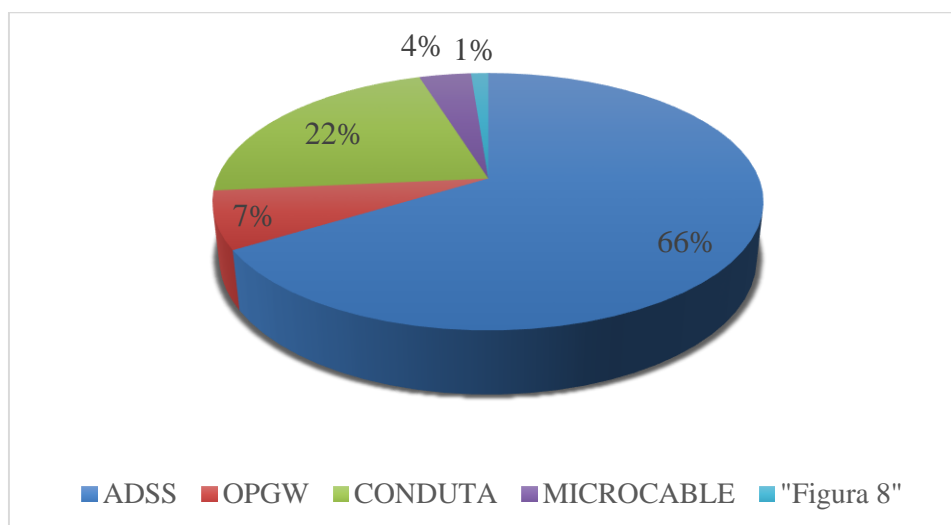


Figura 7.2 - Percentagem de Avarias por Tipo de Cabo FO

7.2. Plano de Manutenção

Neste momento a EDP tem em vigor um plano MPS para a rede FO e/ou tipo TBM, com uma periodicidade de 3 anos, independentemente do tipo de cabo e do seu risco para a EDPD.

No plano proposto no Capítulo 6, que englobava equipamentos da rede privativa de telecomunicações, foram atribuídos diferentes perfis às instalações, tendo em conta a probabilidade de falha e o impacto da falha para a rede.

Em relação às Ligações FO, não existe uma instalação para caracterizar, mas sim uma ligação. Por essa razão, é fundamental ter em consideração o tipo de cabo utilizado. Observando a Figura 7.2, onde se pode verificar a percentagem de avarias associadas a cada tipo de cabo usado pela EDPD, é possível concluir que o tipo de cabo com mais problemas é o ADSS, tal como já tinha sido referido anteriormente.

Apesar de uma ligação realizar uma comunicação ponto a ponto, entre pelo menos duas instalações, se pelo menos uma das instalações falhar, a Ligação FO também terá problemas. Porém, não vamos aqui considerar essa interligação dado que o plano para a Rede FO pretende gerar MPS, apenas, para mitigar os problemas associados diretamente às Ligações FO, ou seja, ao caminho da comunicação e não às instalações onde a comunicação tem origem e onde termina.

Desta forma, para a criação dos perfis para a Rede FO são considerados os problemas com os tipos de cabo e com base na experiência adquirida durante vários anos, transmitidos pelo Supervisor da EPDD, responsável pelo acompanhamento deste Estágio. Os Perfis de Risco criados têm por base a nova política CBRM e por essa razão a Matriz de Risco Empresarial é novamente tida em conta, para que seja tomada uma decisão mais fundamentada sobre os perfis criados.

Antes de analisar os vários perfis de risco, podemos obter a Taxa Média de Avarias (MTBF ou λ_{MED}) de uma Ligação FO, apresentada na Eq. 7.1.

$$\lambda_{MED} = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Inter.Tempo} * N^{\circ} \text{ de Equip.}}$$

$$\lambda_{MED}(\text{para FO}) = \frac{83}{4*793} = 0,026 \quad (7.1)$$

De forma a obter o número médio de avarias anual, é necessário ter em consideração que metade das ligações registadas podem sofrer avaria, o que permite escrever a Eq. 7.2.

$$N^{\circ} \text{ Médio de Avarias} = \lambda_{MED}(\text{para FO}) * (1,5 * N^{\circ} \text{ Total de Equip.})$$

$$N^{\circ} \text{ Médio de Avarias} = 0,026 * (1,5 * 839) = 32 \text{ (anual)} \quad (7.2)$$

De referir que muitas dessas avarias não tinham sido caracterizadas por terem sido detetadas e corrigidas ao serem identificadas nas ações de MPS.

Considerando o plano de manutenção existente, a proposta de melhoria tem em consideração dois novos fatores:

- ✓ O Risco da Ligação FO;
- ✓ O Tipo de Cabo da Ligação FO.

Assim, utilizando como referência o peso das instalações da proposta já apresentada no Capítulo 6, foi possível prever que o risco está diretamente relacionado com a importância da instalação na rede privativa de telecomunicações. Todavia, o tipo de cabo é sem dúvida o fator com mais importância, porque engloba a condição. Um certo tipo de cabo encontra-se mais suscetível a avarias e o risco associado a uma ligação que envolve instalações mais críticas interligadas por um tipo de cabo mais crítico, representa a situação mais problemática e que carece de medidas de correção agressivas. Aliando a análise realizada à experiência transmitida pelo Supervisor da EDPD, foi possível obter os períodos de MPS registados na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 - Periodicidade das MPS da Política de Manutenção FO 2015

Política 2015 (MPS) - Fibra Ótica	
ADSS	2 anos
MICROCABLE	2 anos
"Figura 8"	3 anos
CONDUTA	4 anos
OPGW	5 anos

A utilização do tipo de cabo para servir de referência do perfil, prende-se com as conclusões retiradas anteriormente.

Em todos os perfis é realizada uma inspeção visual nos anos intercalares, de forma a mitigar problemas relacionados com a camada externa do cabo, por envelhecimento, tiros de caçadeira ou formação de gelo.

7.3. Índice de Saúde

A introdução de um plano de MPS para a manutenção das Ligações FO permite mitigar os problemas, no entanto não se irá refletir de imediato. Por essa razão, e de forma semelhante à técnica que a EDPD utiliza para fazer uma previsão da necessidade de uma determinada linha AT/MT ser substituída, foi elaborado um Modelo de Monitorização e Gestão para as Ligações FO. A Figura 7.3 representa o menu inicial desse modelo.

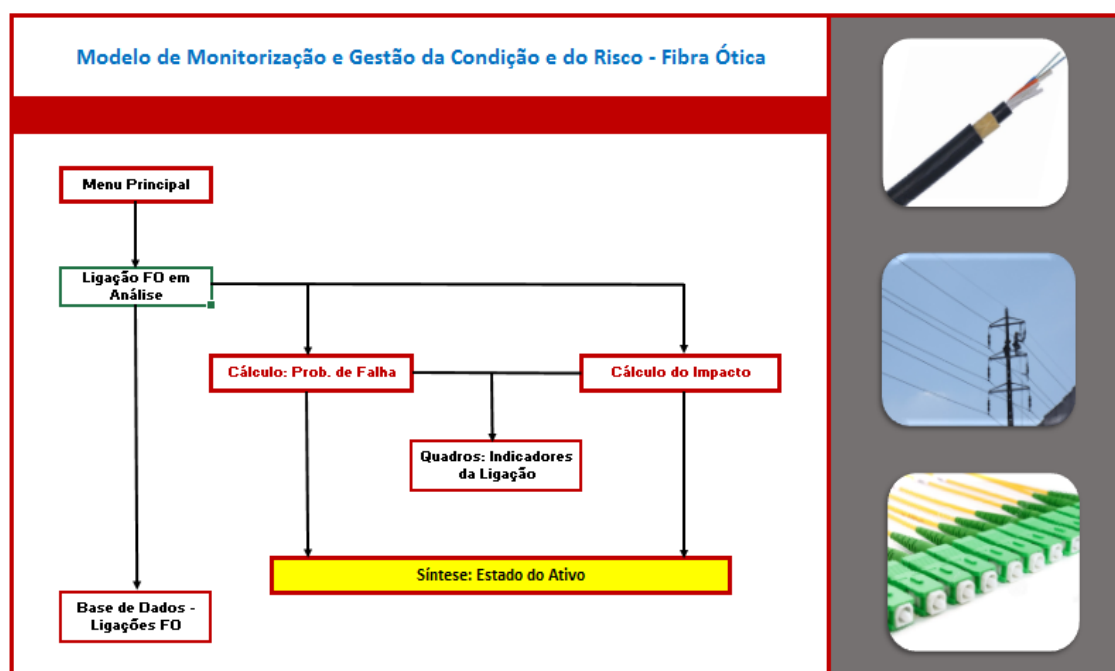


Figura 7.3 - Menu Inicial - IS para a FO

Através do referido modelo, foi criado um Índice de Saúde (IS), que é composto por diversos indicadores, todos relacionados com as características da FO ou relacionados com elementos que podem levar à falha da ligação.

A ferramenta permite escolher um Ligação FO de uma listagem retirada em SAP e definir diversos parâmetros para a mesma, tendo em conta os Fatores Externos Impactantes, as Características Ambientais, a Condição Técnica, as Características Técnicas e os Fatores de Consequência de uma Falha. Cada um destes indicadores é composto por sub-indicadores, aos quais foram atribuídos pesos de acordo com a sua influência na falha do cabo FO e considerando a experiência e conhecimentos da rede existente e respetivas falhas típicas.

Nas Tabelas 7.3, 7.4 e 7.5 é possível observar os diferentes elementos que constituem todos os parâmetros necessários para gerar o IS de uma Ligação FO.

Tabela 7.3 - FO - Fatores Externos Impactantes (à esquerda) e Características Ambientais (à direita)

Factores Externos Impactantes	Incêndio (RSFGC)	Características Ambientais	Arborização - Vegetação na FP
	Incêndio (zonas geográficas)		Tipo de Poluição
	Risco Sísmico		Avifauna
	Tipo de Solo		Índice Ceráunico
	Eventos Atmosféricos Extremos - Ventos Fortes		
	Eventos Atmosféricos Extremos - Formação de Gelo/Queda de Neve		
	Inundação		
	Furtos		
	Zona Nemátodo		

Tabela 7.4 - FO - Condição Técnica (à esquerda) e Características Técnicas (à direita)

Condição Técnica	Ataque de Roedores - Histórico da Existência	Características Técnicas	Tipo de Cabo
	Ataque de Roedores - Armário Vedado		Características do Cabo Adequadas ao Tipo de Instalação ? (ex. Vão máximo, preparado para formação de gelo; Protecção anti-roedores; Protecção anti-balística; Correntes de curto-circuito ajustadas.)
	Fibras Cortadas ou c/ Atenuação Elevada Localizada no Cabo		IDADE do:
	Atenuação Elevada Localizada nas Caixas de Fusão		ADSS e "figura 8"
	Situações de Degradação da Camada Externa do Cabo		OPGW e Conduta
	Inspeção Visual/Termografia/Medição de Distâncias		Microcable
			Nº de Caixas de Fusão
			Comprimento (KM)

Tabela 7.5 - FO - Fatores de Consequência de uma Falha

Factores da Consequência de uma Falha
Segurança de Pessoas
Ambiente
Nº de Telecomandos Associados
Tipo de Clientes
TIEPI Interno
Resultados (valores em k€)

Por motivos de confidencialidade os pesos associados aos indicadores e sub-indicadores não são incluídos no presente Relatório.

Através do modelo elaborado é possível prever o IS de uma Ligação FO e assim saber se um determinado cabo necessita de cuidados urgentes, exhibe risco moderado/aceitável ou se está em boas condições. A diferença entre os diferentes níveis prende-se com os valores obtidos através do cálculo realizado com os diferentes pesos dos indicadores, concluindo com a Matriz de Risco Empresarial.

7.4. Unidades de Teste Ótico e Supervisão

Uma proposta descrita na dissertação de mestrado [10] preconiza a instalação de Unidades de Teste Ótico e Supervisão (UTO) na rede FO da EDPD, estrategicamente colocados para reduzir as falhas catastróficas e para otimizar a manutenção da rede.

Em relação às Ligações FO, existem no mínimo duas instalações para cada ligação, o que leva à necessidade de ter em consideração as duas instalações por forma a dar um peso equilibrado à ligação. No estudo realizado a filosofia seguida considera que a instalação de menor peso associada à Ligação FO, considerando os perfis elaborados no plano dos equipamentos de telecomunicações presentes no Capítulo 6, é a que permite atribuir o peso à ligação. Adicionalmente, a criticidade da ligação diminui, caso a instalação com o perfil de risco mais baixo, ou seja, de menor peso, possua equipamentos SDH associados, uma vez que esses equipamentos permitem redundância em caso de falha.

A função dos UTO será detetar e gerar sinais de aviso, relativamente a alterações nas Ligações FO que estão a ser monitorizadas. Ou seja, são idênticos aos *Optical Time-Domain Reflectometer* (OTDR), mas em vez de servirem apenas como equipamentos de testes pontuais, irão realizar testes contínuos e em tempo real [32]. A distribuição dos UTO deverá ter em conta que deverá ser possível monitorizar FO com cumprimentos de até 135 km, apesar da média de comprimentos utilizados pela EDPD ser de 15 km por cada cabo [10].

7.4.1. Ligações Críticas

A ideia apresentada em [10], considera que a implementação dos UTO deverá ter em conta as ligações mais críticas, fazendo uma pequena referência aos grandes centros urbanos, Lisboa, Porto, Coimbra, Braga, Setúbal e Faro, por considerar que serão zonas de grande risco.

No entanto, o plano de manutenção atual e no qual foi baseado essa ideia, não faz distinção entre os diferentes tipos de cabo presentes na ligação. Por outro lado, no estudo realizado neste trabalho, e que deu origem à proposta apresentada na secção 7.2 o tipo de cabo foi considerado e foi essencial para a criação do plano, onde é possível salientar o cabo ADSS, como o mais crítico para a rede. Com a nova abordagem foi também possível atribuir a cada Ligação FO um perfil de risco, e que permitiu criar uma lista de associações que pode ser visualizada na Figura 7.4 para a Zona Centro. Por razões de confidencialidade não se apresentam as designações exatas das ligações.

CENTRO				
ID	LIGAÇÃO	Tipo de Cabo	Perfil de Risco (com base nos sites associados)	
1	SE	OPGW	II	
	BA	OPGW	II	
	BA	OPGW	II	
	AN	OPGW	II	
2	SE	OPGW	II	
3	SE	OPGW	II	
4	SE	CONDUTA	IV	
5	SE	CONDUTA	II	
6	SE	OPGW	II	
	PE	OPGW	III	
	PE	OPGW	II	
	St*	OPGW	II	
7	SE	MICROCABO	II	
8	Arr	MICROCABO	IV	
9	R.E	MICROCABO	IV	
10	SE	OPGW	II	
11	SE	OPGW	II	
12	SE	OPGW	II	
13	SE	OPGW	II	
14	SE	CONDUTA	IV	
15	SE	OPGW	III	

Figura 7.4 - Ligação FO com Tipo de Cabo e Perfil de Risco

A atribuição do perfil de risco tem em consideração a instalação com menos peso na rede, associada à Ligação FO, uma vez que uma ligação envolve sempre pelo menos duas instalações.

7.4.2. Investimento

Como em todos os investimentos é necessário estabelecer prioridades. No plano de manutenção para a FO, o tipo de cabo utilizado na ligação é o aspeto que se reveste de maior importância, definindo assim a criticidade da ligação. Por essa razão, o cabo ADSS torna-se uma prioridade no investimento, isto é, as primeiras UTO a serem instaladas devem ter em consideração ligações em este tipo de cabo é utilizado e ao mesmo tempo se encontrem associadas a um perfil de risco mais crítico. Com esse objetivo foi feita uma análise que possibilitou concluir quais as Ligações FO com maior necessidade de monitorização neste momento, e que podem ser visualizadas nas Tabelas 7.8, 7.9 e 7.10.

Tabela 7.6 - Ligação FO - ADSS (Norte) (à esquerda) e ADSS (Centro) (à direita)

NORTE	CENTRO
PALMILHEIRA - ERMESINDE	SEIA - Sede SEIA
VILA FRIA - FEITOSA	BATALHA - MACEIRA - S.JORGE - MARINHA GRANDE
FEITOSA - TOUVEDO	MACEIRA - S.JORGE
TELHEIRA - VILA REAL	TRANCOSO - CELORICO
CHAVES-MORGADE	AVEIRO - GAFANHA
MAIA - (EFACEC)	SANCHEIRA - ATOUGUIA
BUSTELO-MARCO DE CANAVESES	TAVEIRO - (Taveiro)
LINDOSO - ALTO LINDOSO	TRANCOSO - PINHEL
	VENDA NOVA - SERTÃO
	AÇOR - ALTO CEIRA

Tabela 7.7 - Ligação FO - ADSS (Sul)

SUL
S.FANHÕES - LOURES
TRAJOUCE - ALCOITÃO
CARENQUE - SABUGO
FANHÕES - MARL
CARRICHE - COLOMBO
FONTAINHAS - VALE ESTACAS
SERRADA GRANDE - ENTRONCAMENTO
ALMEIRIM - FONTAINHAS
ENTRONCAMENTO-ALMEIRIM
SANCHEIRA - (Apoio 114)
ALMEIRIM - GLÓRIA
GLÓRIA - MEXEIRO
(Apoio 7 e 18) - TRAJOUCE
CARENQUE - TRAJOUCE
CARENQUE - RIO MOURO
TRAJOUCE - RIO MOURO
REP. MONTEJUNTO – MONTEJUNTO

Todas as Ligações FO apresentadas são compostas no seu todo, ou em grande parte por cabo ADSS cujo perfil de risco é igual ou superior ao **Perfil III**, de acordo com a proposta apresentada no Capítulo 6, Secção 6.2.

Para diminuir o peso de algumas ligações foi elaborada uma compilação das instalações com equipamentos SDH e que se encontram envolvidos nessas ligações. A possibilidade de redundância destes equipamentos levou à utilização desta estratégia para diminuir o peso atribuído e assim reduzir o perfil de risco da ligação.

7.4.3. Distribuição de UTO

Tendo em consideração as ligações indicadas na Secção 7.4.2 e de acordo com a proposta baseada na análise anterior em [10], é possível obter os locais mais críticos para a realização de um investimento inicial.

A Tabela 7.11 apresenta a lista dos locais propostos inicialmente para a distribuição das UTO.

Tabela 7.8 - Proposta inicial de locais para instalação de UTO [10]

Tipo de equipamento	Local	Distrito	Localização da Área a monitorizar
Servidor Principal	Lisboa (a definir)	Lisboa	
Servidor de Backup	Porto (a definir)	Porto	
Unidade de Teste Óptico	Braga	Braga	DRCN
Unidade de Teste Óptico	Ruivães	Braga	DRCN/DRCP
Unidade de Teste Óptico	Ermesinde	Porto	DRCP
Unidade de Teste Óptico	Aveiro	Aveiro	DRCP
Unidade de Teste Óptico	Alto S. João	Coimbra	DRCM
Unidade de Teste Óptico	Andrinos	Leiria	DRCT
Unidade de Teste Óptico	Carenque	Lisboa	DRCL
Unidade de Teste Óptico	Palhavã	Lisboa	DRCL
Unidade de Teste Óptico	Moscavide	Lisboa	DRCL
Unidade de Teste Óptico	Trajouce	Lisboa	DRCL
Unidade de Teste Óptico	Coina	Setúbal	DRCS
Unidade de Teste Óptico	Évora	Évora	DRCS
Unidade de Teste Óptico	Loulé	Faro	DRCS
Unidade de Teste Óptico	Pracana	Portalegre	DRCT/DRCM
Unidade de Teste Óptico	Seia	Viseu	DRCM
Unidade de Teste Óptico	Varosa	Viseu	DRCM/DRCN

Realizando um exercício de concordância em relação às Ligações FO mais críticas com cabo ADSS e os locais propostos inicialmente [10], foi possível obter uma nova lista de locais para a instalação das UTO que é apresentada na Tabela 7.12.

Tabela 7.9 - Lista de Locais críticos para a instalação de UTO

NACIONAL (zonas críticas)
ERMESINDE
AVEIRO
ALTO S. JOÃO
SEIA
PALHAVÃ
TRAJOUCE
CARENQUE
LOULÉ
RUIVÃES

A lista apresentada encontra-se em concordância com a proposta anterior, mas prevê a instalação de UTO nesta primeira fase nos locais referidos, de forma a estabelecer prioridades de investimento. Com a implementação de UTO nos locais listados será possível englobar as ligações consideradas mais críticas neste momento, apesar de se ir monitorizar também algumas menos problemáticas, que se encontram nas zonas referidas.

7.4.4. Programa de Supervisão

Aliado à instalação de UTO fica evidente a necessidade da utilização de um sistema de controlo para analisar a informação recebida por estes, também proposto no estudo anterior já referido [10].

Tendo em conta a utilização do SCADA atualmente, para realizar a monitorização e telecontrolo dos restantes equipamentos de telecomunicações da rede, não se torna uma tarefa muito complexa a instalação deste ambiente de monitorização remota.

O programa de supervisão executa a verificação das FO em tempo real, permitindo uma monitorização constante das zonas da rede abrangidas, uma vez que cada UTO permite monitorizar diversas FO, o que se traduz numa mais-valia para toda a estrutura de telecomunicações da EDP.

8. CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS

8.1. Conclusões

Constituiu objetivo base deste trabalho a otimização de um plano de manutenção para a rede de telecomunicações da EDPD, equipamentos ativos e FO, cuja manutenção é atualmente puramente baseada em manutenções TBM.

O estudo que serviu de base para a elaboração deste Relatório de Estágio foi conseguido através dos dados recolhidos na EDPD e aproveitando também dados obtidos em trabalhos anteriores. Este processo foi acompanhado pelo Supervisor da empresa, responsável por orientar o estagiário em ambiente industrial.

A proposta apresentada consiste na elaboração de um plano de manutenção para mitigar os riscos associados aos equipamentos de telecomunicações da rede privativa da EDPD, de forma a melhorar o plano de manutenção, o que está alinhado com a filosofia da empresa na utilização de uma política CBRM para a gestão dos seus ativos. A aplicação do plano proposto resulta na melhoria da gestão dos recursos humanos e financeiros necessários para a realização das manutenções e na diminuição do tempo de indisponibilidade. Conseguiu-se desta forma apresentar uma solução credível para colmatar as necessidades de melhoria dos processos de manutenção apresentadas pela empresa. O plano de manutenção proposto já foi lançado para análise e aprovação, e espera-se que seja posto em prática a partir do início do próximo ano, após a revisão dos manuais de manutenção internos da empresa.

As bases de dados analisadas para auxiliar na formulação do plano, possibilitaram caracterizar as avarias registadas na rede, que juntamente com a matriz de telecomando responsável pelo registo dos telecomandos associados a cada instalação, permitiram obter valores de referência da probabilidade de ocorrência e das consequências de uma falha.

A rede privativa de telecomunicações estudada agrega todos os equipamentos, desde o SDH, PDH, Microondas, VHF, PLC e também a FO, mas é importante voltar a referir que a FO teve um tratamento específico e independente, devido à sua importância e ao facto de ser da responsabilidade de outro departamento dentro da EDPD. Assim, o plano criado é único nos seus objetivos e política de manutenção mas na prática dá origem a dois planos de manutenção diferentes.

Na proposta apresentada, sem ter em conta a FO, foi possível visualizar uma diminuição de cerca de 46% no número de intervenções anuais e a consequente redução dos custos envolvidos. De salientar que a apresentação de uma nova divisão de responsabilidade de manutenção a nível Nacional tornou mais equilibrada a distribuição das MPS por cada zona (Norte, Centro e Sul).

No que respeita à FO, o plano criado é baseado nas ligações FO e, por essa razão, não apresenta perfis similares ao plano dos outros equipamentos da rede de telecomunicações. A experiência e os conhecimentos adquiridos, tendo em conta as avarias registadas, permitiram retirar uma conclusão mais rápida, baseada essencialmente no tipo de cabo utilizado em cada ligação. De forma a complementar o plano de MPS, foi elaborado um modelo de monitorização, com o intuito de avaliar o Índice de Saúde de cada Ligação FO. O Índice de Saúde tem em consideração diferentes indicadores que podem ser selecionados, dependendo do tipo de ligação, o que se traduz num índice da Matriz de Risco, que permitirá avaliar até que ponto é necessária a substituição do cabo ou a reabilitação da Ligação FO.

Para finalizar o plano para a rede FO, foi introduzido o conceito da implementação de unidades de teste em tempo real, proposto num trabalho anterior [10] e foi feita uma priorização do investimento com base na criticidade das ligações.

A avaliação das ligações mais críticas levou a concluir que, na sua maioria, eram compostas por cabo ADSS, por se tratar do tipo de cabo que mais problemas acarreta para a rede. Assim, no investimento inicial, as ligações com ADSS foram especialmente consideradas, permitindo avaliar os custos envolvidos. Dessa forma, foi possível definir a distribuição das UTO por todas as zonas, que contemplam as ligações mais críticas e que se encontram em concordância com a proposta apresentada no referido trabalho anterior [10].

8.2. Propostas a Desenvolver no Futuro

Para o futuro, o plano de manutenção apresentado pode sempre sofrer ajustes e melhorias, mas, de forma a se ter uma janela de observação significativa, apenas após se encontrar pelo menos 2 a 4 anos em utilização, e assim ser possível realizar uma nova análise.

No que respeita aos equipamentos de telecomunicações das instalações, é possível prever que os sistemas rádio VHF deixarão de ser tão críticos para a rede e a tecnologia GSM/GPRS vai aumentar a sua importância, e por essa razão, poderão ser necessários ajustes nos perfis envolvidos. Além dessa situação, no caso dos PLC, estes vão deixar de fazer parte da rede em muito pouco tempo, porque as poucas unidades que ainda se encontram em funcionamento serão substituídas por outro tipo de tecnologia, tendo em conta a incompatibilidade das mesmas com os novos protocolos baseados em IP.

Como foi abordado no Capítulo 2, os equipamentos de suporte à rede MPLS estão cada vez mais a tornar-se uma realidade e em todas as novas subestações já fazem parte do projeto, funcionando como substitutos dos equipamentos SDH e PDH, o que permitirá reconstruir a rede com base em ligações IP. Desta forma, está subentendido que o plano de manutenção criado nesta fase vai necessitar de sofrer uma evolução gradual para poder contemplar os equipamentos da rede MPLS, que neste momento são mantidos ao abrigo de contratos de manutenção externos. A consideração desta nova tecnologia poderá exigir a criação de novos perfis de risco, uma vez que se trata de um sistema que funciona de forma diferente, em relação ao que existe neste momento, o que implica outro tipo de caracterização das avarias e outro tipo de avaliação em relação ao risco e consequente impacto em caso de falha.

O plano para mitigar os problemas das ligações FO é um pouco mais crítico, devido à sua elevada importância para a rede, por isso foi determinante a definição e implementação do Índice de Saúde para as ligações, tentando minimizar os problemas até que o plano de manutenção proposto entre em funcionamento. O mesmo pode ser melhorado no que respeita aos seus indicadores, principalmente após o primeiro ano a contar da sua implementação.

Outro ponto importante, envolvendo as Ligações FO, é a criação de um projeto nacional de supervisão, que se encontra referenciado e explicado neste Relatório de Estágio, mas que pode sofrer um estudo mais aprofundado, de forma a melhorar os resultados obtidos e rentabilizar ainda mais o investimento. Nesta primeira fase de análise, as ligações com tipo de cabo ADSS foram as mais relevantes, devido essencialmente aos problemas verificados com este tipo de cabo e por ser considerado o mais crítico. A distribuição dos UTO fica assim associada às ligações com cabo ADSS, porém, devido à existência de mais tipos de cabo nas zonas de implementação, torna-se vantajoso realizar também a monitorização das FO desses cabos.

Numa próxima avaliação de investimentos futuros, seria fundamental abordar a questão das restantes Ligações FO, aumentando o investimento nas UTO. Contudo, não podemos esquecer a necessidade de melhorar o plano dos restantes equipamentos da rede de telecomunicações, que irá acompanhar a transição de todas as instalações para sistemas MPLS, com o objetivo de suportar as novas subestações do futuro que se encontram em fase de projeto, e onde a rede passará a ser designada por *Smarter Grid*.

8.3. Considerações Finais

Este Relatório de Estágio permitiu elaborar um plano de manutenção dos equipamentos de telecomunicações e das ligações de Fibra Ótica da EDPD, suportado por uma análise detalhada do histórico de avarias e do risco de falha, tornando-o numa boa ferramenta que agrega o conhecimento e a experiência existentes, e que pode ser usado para melhorar a manutenção realizada pela empresa EDP Distribuição, dotando as suas equipas de manutenção de uma ferramenta capaz de cumprir com os objetivos definidos.

Desta forma, é possível afirmar que este plano constitui uma mais-valia para a empresa, mas também para o Estagiário responsável pela sua elaboração, uma vez que aumentou a sua capacidade de decisão e de análise, através do contacto com todas as ferramentas necessárias, tanto da parte teórica, como da vertente mais prática.

O espírito aberto e crítico, o empenho e a dedicação demonstrados por todos os colaboradores da EDPD foram responsáveis pela excelente integração e aquisição de experiências do mundo empresarial. De salientar a importância da EDP Distribuição em Portugal, o que tornou este estágio uma tarefa com muita responsabilidade, mas onde foram cumpridas todas as exigências, tornando-o muito importante para o futuro profissional e pessoal do Estagiário.

Referências Bibliográficas

[1] – EDP (2012). *InovGrid Smart Energy Grid*. Projeto Piloto da EDP Distribuição, em parceria com a InovGrid, Évora, Portugal (documento interno).

[2] – EDP (2013). *Código de Ética EDP*. Mensagem do Presidente do Grupo EDP, Portugal (documento interno).

[3] - EDP (2015). *EDP Distribuição, Quem Somos* (página internet oficial), Portugal. Disponível em 20 de Janeiro de 2015:

www.edpdistribuicao.pt/pt/edpDistribuicao/Pages/aEDPDistribuicao.aspx

[4] – EDP (2015). *Organização dos Negócios* (página internet oficial), Portugal. Disponível em 20 de Janeiro de 2015:

https://www.edp.pt/pt/aedp/empresasdogrupoeop/Pages/default_new.aspx

[5] – EDP (2014). *Relatório da Qualidade de Serviço*. Relatório Anual - EDP Distribuição, Portugal (documento interno).

[6] – EDP (2014). *Estrutura da DMN em 2014*. Reunião de QS da DMN – EDP Distribuição, Portugal (documento interno).

[7] – Fontollet, Pierre-Girard (1986). *Telecommunication Systems*. Artech House, INC., USA. (em Inglês)

[8] – Agrawal, G. P. (2002). *Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition*. The Institute of Optics, University of Rochester, NY.

[9] – Francisco, Rui A. R. (2014). *Sistemas de Fibras Ópticas da EDP Distribuição*. Apresentação Técnica da Fibra Ótica Presente na Rede da EDP, Coimbra (documento interno).

[10] – Francisco, Rui A. R. (2014). *Proposta de Estratégia para a Rede de Fibras Ópticas da EDP Distribuição*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

[11] – IST (2010). *Redes de Telecomunicações – MEEC* (página internet).

Disponível em 19 de Maio de 2015:

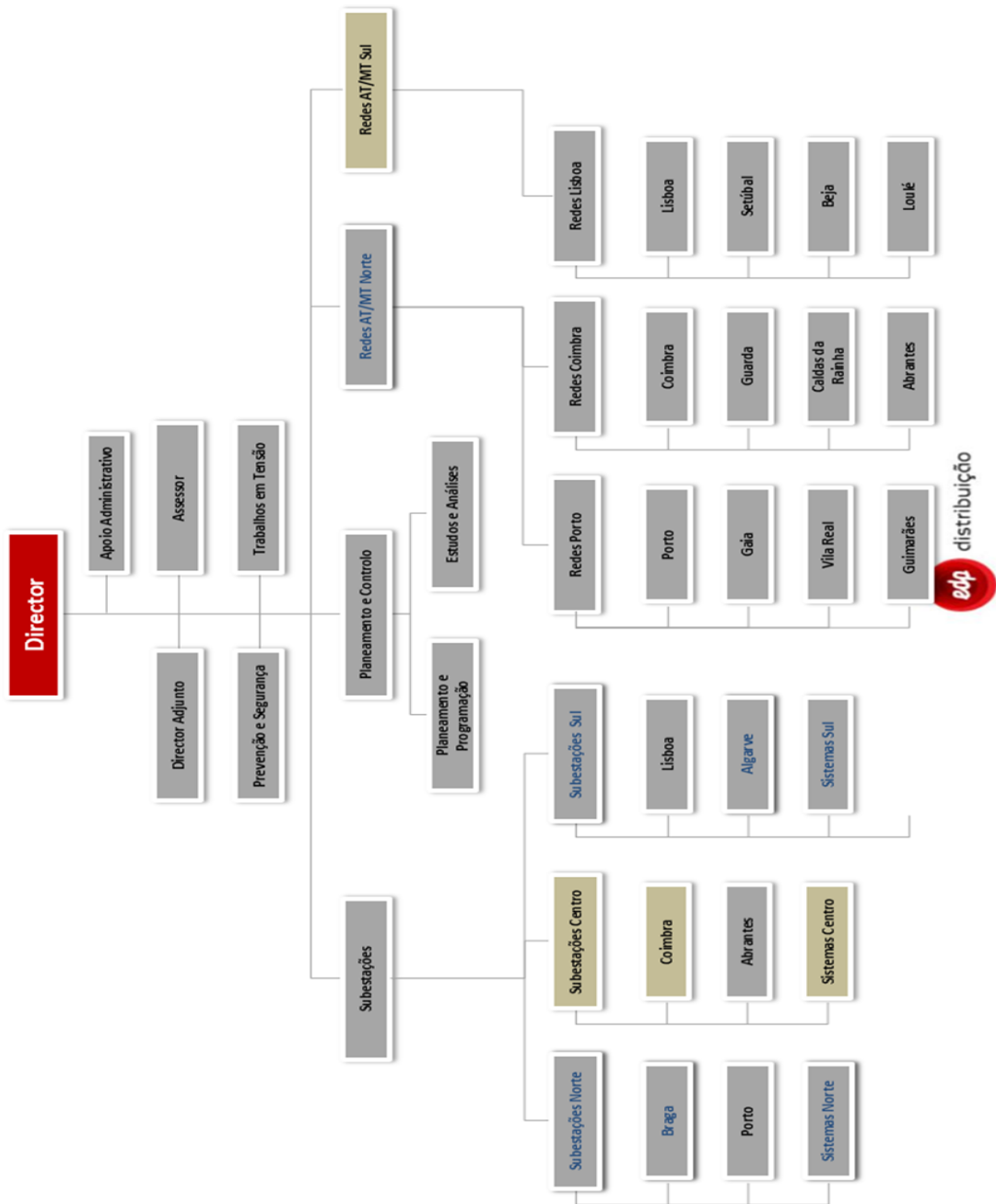
https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779576319187/Cap4_RT_10.pdf

- [12] – Miguel G., Eurico S., Carlos G., Ivo E., José C. (2013). *Relatório Final do Piloto Flexnet ONI*. Relatório de Resultados para a EDP Distribuição, Portugal (documento interno).
- [13] – Freeman, Roger L. (2007). *Radio System Design for Telecommunication (3rd edition)*. ISBN: 978-0-471-75713-9. Wiley-IEEE Press, NY.
- [14] – Martins, Maria J., Neves, Isabel V. (2015). *Propagação e Radiação de Ondas Eletromagnéticas*. Lidel – edições técnicas, lda, Lisboa, Portugal.
- [15] – Branco, Telmo P. (2013). *Desenvolvimento de Protocolos e Soluções de Comunicação para V2G*. Projeto de Licenciatura, Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- [16] – Melo, J. (20xx). *Estudo de uma rede TETRA e respetivo planeamento de implementação*. Propostas e Análise para a EDP Distribuição, Portugal (documento interno).
- [17] – GIAGI (2007). *Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos*. Manual Formando (Edição 1), Aveiro, Portugal.
- [18] – EDP (2012). *Gestão de Ativos BSI PAS 55:2008 – Piloto de Implementação na AO STB*. Projeto Piloto da EDP Distribuição: DMN/MNPC – Planeamento e Controlo, Lisboa, Portugal (documento interno).
- [19] – Assis, Rui (2004). *Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção – Fiabilidade e Manutenibilidade*. Lidel – edições técnicas, lda, Lisboa, Portugal (em Português).
- [20] – Santos, Mário J. M. F. (2009). *Gestão de Manutenção do Equipamento*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- [21] – Lima, David (2012). *Relatório de Estágio – DAT/ATOM/OMPRT*. Estágio de Verão na EDP Distribuição, Porto, Portugal.
- [22] – Retteath, B., Venkata, S. S., Chowdhury, A. A. (2005). *Impact of Time-Varying Failure Rates on Distribution Reliability*. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 27, Issues 9-10, pp. 682-688.
- [23] – Tavares, Helder D. F. (2012). *Aplicação de Metodologias RCM nos Planos de Manutenção de Sistemas de Protecção, Comando e Controlo*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

- [24] – Francisco, R., Maio, H., Vidal, P. (2011). *Política de Manutenção ATOM*. Versão 1.0 para a DAT-ATOM da EDP Distribuição, Portugal (documento interno).
- [25] – Sullivan, G.P., Pugh R., Melendez, A. P., Hunt W. D. (2010). *O&M Best Practices – A Guide to Achieving Operational Efficiency, Release 3.0*. Federal Energy Management Program, U.S. Department of Energy Efficiency & Renewable Energy, USA.
- [26] – Nordgard, Dag E. (2010). *Risk Analysis for Decision Support in Electricity Distribution System Asset Management – Methods and Frameworks for Analysing Intangible Risk*. Tese de Doutoramento, Department of Electric Power Engineering of the Norwegian University of Science and Technology Faculty of Information Technology, Mathematics and Electrical Engineering, Trondheim.
- [27] – Schoomaker, Peter J. (2006). *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA) for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Facilities*. Technical Manual, Department of the Army, USA.
- [28] – EDP (2014). *Sistemas de Telecomunicações – Fichas de Manutenção Preventiva Sistemática*. Ficha Técnica de Intervenção - EDP Distribuição, Portugal (documento interno).
- [29] – Crespo, Tânia C. O. (2013). *Análise e Proposta de Revisão da Manutenção da Tecnologia SDH na Automação e Telecontrolo da Rede Eléctrica – Estágio na EDP Distribuição*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- [30] – Hnatek, Eugene R. (2002). *Practical Reliability of Electronic Equipment and Products*. Department of Electrical Engineering, The Ohio State University, Columbus, Ohio, pp. 261.
- [31] – Laferrière, J., Lietaert, G., Taws, R., Wolszczak, S. (2011). *Reference Guide to Fiber Optic Testing: Fiber Basics (2nd edition)*. Vol. 1, JDSU, France.
- [32] - Laferrière, J., Lietaert, G., Taws, R., Wolszczak, S. (2010). *Reference Guide to Fiber Optic Testing: Advanced Fiber Network Testing*. Vol. 2, JDSU, France.
- [33] – ALSTOM (2011). *Network Protection & Automation Guide*. Alstom Grid, UK.

Anexos

Anexo A – Estrutura da DMN (2015)



Anexo B – Matrizes de Risco (associação aos perfis de risco)

Neste anexo são apresentadas as Matrizes de Risco de acordo com o plano de manutenção proposto e que se encontram em concordância com a descrição dos perfis.

Sites Muito Críticos (FrontEnd's + SE's ≥ 30) - MPS 1 ano - Perfil: I

Nível de Severidade	Impactos						Frequência				
	Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos	Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
	Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	muito elevada ($f \leq 0,5$)	elevada ($1 \geq f > 0,5$)	média ($2 \geq f > 1$)	baixa ($5 \geq f > 2$)	muito baixa ($5 \geq f$)
							5	4	3	2	1
5 muito crítico							I1	I2	I4	M5	M1
4 crítico							I3	I5	M6	M2	A10
3 significado alto							I6	M7	M3	A9	A6
2 significado médio							M8	M4	A8	A5	A3
1 significado baixo							A11	A7	A4	A2	A1

Sites Críticos (SE's ≥ 10 + antigos FrontEnd's + MOXA's + Despacho + Telecomando EDPP) - MPS 2 ano - Perfil: II

Nível de Severidade	Impactos						Frequência				
	Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos	Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
	Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	muito elevada ($f \leq 0,5$)	elevada ($1 \geq f > 0,5$)	média ($2 \geq f > 1$)	baixa ($5 \geq f > 2$)	muito baixa ($5 \geq f$)
							5	4	3	2	1
5 muito crítico							I1	I2	I4	M5	M1
4 crítico							I3	I5	M6	M2	A10
3 significado alto							I6	M7	M3	A9	A6
2 significado médio							M8	M4	A8	A5	A3
1 significado baixo							A11	A7	A4	A2	A1







Sites Alto Significado Crítico (SE's ≥ 4 e ≤ 10 + EDIF. + REP. (reserva)) - MPS 3 ano - Perfil: III

Impactos						Frequência				
Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos					
Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
						muito elevada (f \leq 0,5)	elevada (1 \geq f > 0,5)	média (2 \geq f > 1)	baixa (5 \geq f > 2)	muito baixa (5 \geq f)
						5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 muito crítico					I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico					I3	I5	M6	M2	A10
	3 significado alto					I6	M7	M3	A9	A6
	2 significado médio					M8	M4	A8	A5	A3
	1 significado baixo					A11	A7	A4	A2	A1

Sites Médio/Baixo Significado Crítico (SE's ≤ 4) - MPS 4 ano - Perfil: IV

Impactos						Frequência				
Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos					
Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
						muito elevada (f \leq 0,5)	elevada (1 \geq f > 0,5)	média (2 \geq f > 1)	baixa (5 \geq f > 2)	muito baixa (5 \geq f)
						5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 muito crítico					I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico					I3	I5	M6	M2	A10
	3 significado alto					I6	M7	M3	A9	A6
	2 significado médio					M8	M4	A8	A5	A3
	1 significado baixo					A11	A7	A4	A2	A1

PE's/Centrais/Barragens - MPS 4 ano - Perfil: VI (a)

Impactos						Frequência				
Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade e de Serviço	Económicos					
Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
						muito elevada (f ≤ 0,5)	elevada (1 ≥ f > 0,5)	média (2 ≥ f > 1)	baixa (5 ≥ f > 2)	muito baixa (5 ≥ f)
						5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 muito crítico					I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico					I3	I5	M6	M2	A10
	3 significado alto					I6	M7	M3	A9	A6
	2 significado médio					M8	M4	A8	A5	A3
	1 significado baixo					A11			A2	A1

PT's - MC - Perfil: VI (b)

Impactos						Frequência				
Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade e de Serviço	Económicos					
Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
						muito elevada	elevada	média	baixa	muito baixa
						(f ≤ 0,5)	(1 ≥ f > 0,5)	(2 ≥ f > 1)	(5 ≥ f > 2)	(5 ≥ f)
						5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 muito crítico					I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico					I3	I5	M6	M2	A10
	3 significado alto					I6	M7	M3	A9	A6
	2 significado médio					M8	M4	A8	A5	A3
	1 significado baixo					A11	A7	A4	A2	A1

REPETIDORES - MPS 1 ano - Perfil: V (a)

Impactos							Frequência				
Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Econômicos		Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)		muito elevada (f ≤ 0,5)	elevada (1 ≥ f > 0,5)	média (2 ≥ f > 1)	baixa (5 ≥ f > 2)	muito baixa (5 ≥ f)
							5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 muito crítico						I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico						I3	I5	M6	M2	A10
	3 significativo alto						I6	M7	M3	A9	A6
	2 significativo médio						M8	M4	A8	A5	A3
	1 significativo baixo						A11	A7	A4	A2	A1

REPETIDORES - MPS 2 ano - Perfil: V (b)

Impactos							Frequência				
Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Econômicos		Período Médio entre Ocorrências (em anos)				
Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)		muito elevada (f ≤ 0,5)	elevada (1 ≥ f > 0,5)	média (2 ≥ f > 1)	baixa (5 ≥ f > 2)	muito baixa (5 ≥ f)
							5	4	3	2	1
Nível de Severidade	5 muito crítico						I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico						I3	I5	M6	M2	A10
	3 significativo alto						I6	M7	M3	A9	A6
	2 significativo médio						M8	M4	A8	A5	A3
	1 significativo baixo						A11	A7	A4	A2	A1

REPETIDORES - MPS 3 ano - Perfil: V (c)

Impactos							Frequência				
Valores do Negócio	Sustentabilidade		Reputação	Qualidade de Serviço	Económicos						
Indicadores	Segurança de Pessoas	Ambiente	Repercussão nos Média e População	TIEPI MT Interno (min) (base EDP)	Resultados (k€)	Período Médio entre Ocorrências (em anos)					
						muito elevada	elevada	média	baixa	muito baixa	
						(f ≤ 0,5)	(1 ≥ f > 0,5)	(2 ≥ f > 1)	(5 ≥ f > 2)	(5 ≥ f)	
						5	4	3	2	1	
Nível de Severidade	5 muito crítico						I1	I2	I4	M5	M1
	4 crítico						I3	I5	M6	M2	A10
	3 significativa o alto						I6	M7	M3	A9	A6
	2 significativa o médio						M8	M4	A8	A5	A3
	1 significativa o baixo						A11	A7	A4	A2	A1

Anexo C – Tabelas e Cálculos Detalhados para os Parâmetros da Matriz de Risco

- Tabelas referentes ao cálculo dos coeficientes de ponderação para cada estudo.

	INSTALAÇÕES	Qt.	
A	CENTRO	202	23,41%
B	NORTE	170	76,59%
	SUL	289	
	CENTRO	202	
	TOTAL (A + B)	863	100,00%
	TOTAL (B)	661	

TEMPO DE ESTUDO	ANOS	
A	9,39	85,60%
B	1,58	14,40%
TOTAL	10,97	100,00%

	Coeficientes	
A	66,94%	0,66942016
B	33,06%	0,33057984
TOTAL	100,00%	1

- Tabelas referentes ao cálculo da taxa de avarias e índice de avarias.

Avarias - CENTRO (15/12/2003 - 07/05/2013)	
PDH	223
SDH	26
VHF	67
Microondas	13
IP	7
PLC	6
TOTAL	342

Avarias - NACIONAL (07/05/2013 - 19/11/2014)	
PDH	139
SDH	16
VHF	53
Microondas	2
IP	9
PLC	3
TOTAL	222

Total de Avarias	
PDH	361
SDH	54
VHF	120
Microondas	15
IP	16
PLC	9
TOTAL	575

Número de Falhas (crítico) - CENTRO (15/12/2003 - 07/05/2013)	
SE VISO	7

Número de Falhas (crítico) - NACIONAL (07/05/2013 - 19/11/2014)	
Várias Instalações (média)	3

INSTALAÇÕES	Qt.
PDH	541
SDH	98
VHF	73
Microondas	131
IP	18
PLC	12
TOTAL	873

CÁLCULOS: ESTUDO 15.12.2003 a 07.05.2013

TAXA DE AVARIAS

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Intervalo de Tempo}} \quad \lambda = \quad 36,42172524$$

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{N^{\circ} \text{ de Equipamentos}} \quad \lambda = \quad 1,693069307$$

TEMPO MÉDIO DE VIDA ATÉ FALHAR

$$f \text{ (médio)} = \frac{\text{Intervalo de Tempo}}{\lambda \text{ (por equip.)}} \quad f \text{ (médio)} = \quad 5,546140351 \quad (\text{anos})$$

TAXA MÉDIA DE AVARIAS (por equip.)

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Intervalo de Tempo} * N^{\circ} \text{ de Equipamentos}} \quad \lambda = \quad 0,18030557 \quad (\text{avarias/ano})$$

Nº MÉDIO DE AVARIAS (10 anos)

$$Na = 10 * \lambda \quad Na = 1,803055705 \quad (\text{avarias})$$

TAXA DE AVARIAS
CASO CRÍTICO

$$\lambda (\text{crit.}) = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Intervalo de Tempo}} \quad \lambda (\text{crit.}) = 0,745473908 \quad (\text{avarias/ano})$$

ÍNDICE DE AVARIAS
CASO CRÍTICO

$$f (\text{crit.}) = \frac{1}{\lambda (\text{crit.})} \quad f (\text{crit.}) = 1,341428571 \quad (\text{anos})$$

CÁLCULOS: ESTUDO 07.05.2013 a 19.11.2014**TAXA DE AVARIAS**

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Intervalo de Tempo}} \quad \lambda = 140,5063$$

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{N^{\circ} \text{ de Equipamentos}} \quad \lambda = 0,335855$$

TEMPO MÉDIO DE VIDA ATÉ FALHAR

$$f \text{ (médio)} = \frac{\text{Intervalo de Tempo}}{\lambda \text{ (por equip.)}} \quad f \text{ (médio)} = 4,704414 \text{ (anos)}$$

TAXA MÉDIA DE AVARIAS (por equip.)

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Intervalo de Tempo} * N^{\circ} \text{ de Equipamentos}} \quad \lambda = 0,212566307 \text{ (avarias/ano)}$$

Nº MÉDIO DE AVARIAS (10 anos)

$$Na = 10 * \lambda \quad Na = 2,125663 \text{ (avarias)}$$

TAXA DE AVARIAS
CASO CRÍTICO

$$\lambda \text{ (crit.)} = \frac{N^{\circ} \text{ de Avarias}}{\text{Intervalo de Tempo}} \quad \lambda \text{ (crit.)} = 1,898734 \text{ (avarias/ano)}$$

ÍNDICE DE AVARIAS
CASO CRÍTICO

$$f \text{ (crit.)} = \frac{1}{\lambda \text{ (crit.)}} \quad f \text{ (crit.)} = 0,526666667 \text{ (anos)}$$

Tendo em conta os perfis de risco definidos no plano de manutenção, nas tabelas seguintes são apresentadas as distribuições de MPS numa janela temporal de 12 anos, referentes à EDPR e à EDPP.

EDPR – Distribuição de MPS

Ano	Manutenção Preventiva Sistemática											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1
	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
	7	8	7,5	8	7	8	7,5	8	7	8	7,5	8
Nº MPS's	10,5	11	10	11	10,5	10	11	11	9,5	11	11	10

*** Tendo em vista o cálculo dos custos, foi considerada meia intervenção nas situações em que há partilha de instalações EDPD/EDPR.

EDPP – Distribuição de MPS

Ano	Manutenção Preventiva Sistemática											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	5	5,5	5	5	5	5,5	5	5	5	5,5	5	5
Nº MPS's	7	6	6	6,5	6	6	7	5,5	6	7	6	5,5

*** Tendo em vista o cálculo dos custos, foi considerada meia intervenção nas situações em que há partilha de instalações EDPD/EDPR.

Anexo E – Listagem das Avarias na FO

Registos de Avarias - Fibra Ótica - 2010 a 2014							
2	Abogalheira	PE Abogalheira	Abogalheira-PE Abogalheira	Fibras partidas e com atenuação	CONDUTA	CONDUTA (48 FO)	Desfasada
3	Albureira	Tunes	Albureira-Tunes		ADSS	ADSS	Desfasada
4	Albureira	Montechoro	Albureira-Montechoro	(p10, L160-56)	ADSS	ADSS (48 FO)	Imediata
5	Algeniz	Pegões (LN60 030)	Algeniz-Pegões (LN60 030)		OPGV	Manga de Reparação	2 dias
6	Almaraz	Condra (PTD LLE 694)	Almaraz-Condra (PTD LLE 694)		CONDUTA	CONDUTA (48 FO)	Imediata (1 co)
7	Almodôvar	Loulé (Arneial)	Almodôvar-Loulé (Arneial)	Apoio MT partido transferência para novo apoio	ADSS	ADSS	Desfasada
11	Belmonte	Sabugal	Belmonte-Sabugal		ADSS	ADSS	Desfasada
12	Belmonte	Sabugal	Belmonte-Sabugal		ADSS	ADSS (24 FO)	Imediata
13	Braga	Lamações	Braga-Lamações	5 fibras partidas	CONDUTA	-	Desfasada
15	Cabeda	Fanhões	Cabeda-Fanhões	Cabo cortado por vandalismo colocada c/r de junção	ADSS	ADSS	Desfasada
16	Cantanhede	Mira	Cantanhede-Mira		ADSS	ADSS	Desfasada
17	Carenque	Rio Mourão/Trajouce	Carenque-Rio Mourão/Trajouce		ADSS	ADSS	Desfasada
18	Carrascol	P. Alto (REN)	Carrascol-P. Alto (REN)	Duas fibras partidas	ADSS	ADSS	Imediata
19	Carrascol	Algeniz	Carrascol-Algeniz	Incêndio	ADSS	ADSS	Desfasada
20	Castro Marim	Golf Monte Rei (PTD VRS H4)	Castro Marim-Golf Monte Rei (PTD VRS H4)	(troço p48 da L160-138)	figura 8	ADSS	Desfasada
23	Chaves	Morgade	Chaves-Morgade		ADSS	ADSS	Desfasada
24	Chaves	Morgade	Chaves-Morgade		ADSS	ADSS	Desfasada
25	Coima	S. Sebastião	Coima-S. Sebastião		ADSS	ADSS	Desfasada
26	Coima	Mata (L160 066)	Coima-Mata (L160 066)	Fibras partidas	CONDUTA (48 FO)	CONDUTA (48 FO)	15 dias
27	Coima	SE Barreiro (L160 0701)	Coima-SE Barreiro (L160 0701)		ADSS (24 FO)	ADSS (24 FO)	10 dias
28	Derivação Seixinhos		Derivação Seixinhos-	Cabo caído colocação de abraçadeiras (apoio 41)	OPGV	OPGV	Desfasada
29	Entrocamento	S. Bento	Entrocamento-S. Bento	Fibra com atenuação elevada	ADSS	NÃO UTILIZADO	Desfasada
30	EPIM	Antas I (2012)7	EPIM-Antas I (2012)7	Fibras partidas e com atenuação em diversos pontos	CONDUTA	CONDUTA (48 FO)	Desfasada
34	L160 0758		L160 0758-		ADSS (24 FO)	ADSS (24 FO)	10 dias
35	LN60 6286		LN60 6286-		ADSS (24 FO)	Aguarda Reparação	-
37	Loures	(NOS)	Loures-(NOS)	Reparação de cabo cortado	ADSS	ADSS	Desfasada
38	Maceira	Deniz/Sjorge/Batalha	Maceira-Deniz/Sjorge/Batalha		ADSS	ADSS	Desfasada
41	Moira	S. Francisco (LN60 50)	Moira-S. Francisco (LN60 50)		ADSS (48 FO)	ADSS (48 FO)	15 dias
42	Moira	Montijo	Moira-Montijo		ADSS	ADSS	Desfasada
43	Moira	Coima	Moira-Coima	Fibras partidas	ADSS	-	Desfasada
44	Olho de Boi	Almoural	Olho de Boi-Almoural		ADSS	ADSS	Desfasada
45	Oribacem	Valença/France	Oribacem-Valença/France		ADSS	ADSS	Desfasada
46	Ponte Sôr	Olho de Boi	Ponte Sôr-Olho de Boi	Fibras partidas	ADSS	-	Desfasada
47	PS Faro	SE Bracais	PS Faro-SE Bracais		ADSS	-	Desfasada
48	Ranha	Transgás	Ranha-Transgás	Fibras partidas e com atenuação	ADSS	ADSS	Desfasada
50	Rua do Brasil	PT Agude (Coimbra)	Rua do Brasil-PT Agude (Coimbra)	Fibras partidas	MICROCABLE	CONDUTA	Imediata
51	S. Francisco	SE Montijo	S. Francisco-SE Montijo		CONDUTA (48 FO)	Em Análise	-
55	SE Carrascol	SE Porto Alto	SE Carrascol-SE Porto Alto	Fibra com atenuação elevada	ADSS	NÃO UTILIZADO	Desfasada
56	SE Carrascol	SE Porto Alto (REN)	SE Carrascol-SE Porto Alto (REN)	Fibra com atenuação elevada	ADSS	NÃO UTILIZADO	Desfasada
57	SE Castelo Branco	PT Granja	SE Castelo Branco-PT Granja	Fibras partidas	CONDUTA	-	Desfasada
58	SE CLR	SE TRC/PTC TRC (REAB)	SE CLR-SE TRC/PTC TRC (REAB)	Fibras partidas e com atenuação	ADSS	OPGV (48 FO)	Desfasada
59	SE Entre campos	SE Oriental	SE Entre campos-SE Oriental		ADSS	ADSS	Imediata

62	SE Faro	PTD FAR 64 Mobil	SE Faro-PTD FAR 64 Mobil	(alteração traçado)	ADSS	ADSS	Desfasada
63	SE Ferreira	SE Beja	SE Ferreira-SE Beja		ADSS	ADSS	Imediata
64	SE Loulé	SE Tavira	SE Loulé-SE Tavira	(vão p43-p56 e p87-p91 da L160-122)	ADSS (24 FO)	ADSS	Desfasada
65	SE Luz		SE Luz-		ADSS	-	Desfasada
66	SE Montijo	PS Form. Montijo	SE Montijo-PS Form. Montijo		ADSS (24 FO)	Caixa de Fusões	Imediata
67	SE Norte	Palhová	SE Norte-Palhová		ADSS	-	Desfasada
68	SE Pero Pinheiro	SE Janas	SE Pero Pinheiro-SE Janas		ADSS	ADSS	Imediata
69	SE Ponte	Braga (NOS)	SE Ponte-Braga (NOS)	Colocação de manga de reparação	CONDUTA	CONDUTA	Desfasada
71	SE Quimparque	SE Central Barreiro	SE Quimparque-SE Central Barreiro		CONDUTA (48 FO)	CONDUTA (48 FO)	Imediata
72	SE Ranholas	RPT Sintra	SE Ranholas-RPT Sintra		ADSS	ADSS	Imediata
73	SE Ranholas	Chão de Meninos	SE Ranholas-Chão de Meninos		ADSS	ADSS	Desfasada
74	SE Sines (REN)	SE Monte Feio	SE Sines (REN)-SE Monte Feio		ADSS	ADSS	Desfasada
75	Sertã	Venda Nova	Sertã-Venda Nova		ADSS	ADSS	Desfasada
76	Tocha	Cantanhede	Tocha-Cantanhede	Cabo cortado por vandalismo colocada c/r de junção	ADSS	-	Desfasada
77	Tondela	Vila Chã	Tondela-Vila Chã	Manutenção do Bastidor (cabo não comunicava)	ADSS	ADSS	Desfasada
78	Trancoso	Pinhel	Trancoso-Pinhel		ADSS	ADSS	Desfasada
79	Tunes	Albureira	Tunes-Albureira	(vão p15/p16 da LN60-51)	ADSS	ADSS	Imediata
80	Vale Tejo	Chegancas	Vale Tejo-Chegancas	Cabo sem recuperação	ADSS	-	Desfasada
81	Vila do Conde	Mosteiró/Latogal	Vila do Conde-Mosteiró/Latogal	Fibras partidas	OPGV	-	Desfasada
83	Vitória	Camões	Vitória-Camões	Fibras partidas e com atenuação	CONDUTA	-	Desfasada

Anexo F – Workshops

Anexo F.1 – ALSTOM

Localização: Edifício da EDP (Arregaça, Coimbra)

Data: 18/11/2014

Agenda:

- Monitorização da condição e desempenho (transformadores e disjuntores);
- Soluções inteligentes de manutenção preditiva (transformadores e disjuntores);
- Monitorização da condição e desempenho (alimentação e SPCC) [33];
- Soluções inteligentes de manutenção preditiva (alimentação e SPCC).

Anexo F.2 – EFACEC

Localização: Edifício da EDP (Vila Nova de Gaia, Porto)

Data: 16/12/2014

Agenda:

- Monitorização da condição e desempenho de Sistemas de Alimentação
 - Principais modos de falha e causas raiz associadas;
 - Modelos para o cálculo do índice de saúde e probabilidade de falha;
 - Grandezas a monitorizar e soluções de sensorização.
- Soluções inteligentes de manutenção preditiva de Sistemas de Alimentação
 - Sintomatologia, identificação de padrões de comportamento e análise de tendências;
 - Impacto da manutenção preditiva na estratégia de manutenção.
- Monitorização da condição e desempenho de SPCC
 - Principais modos de falha e causas raiz associados;
 - Modelos para o cálculo do índice de saúde e probabilidade de falha;
 - Grandezas a monitorizar e soluções de sensorização.

Informação Recolhida:

- ✓ A temperatura elevada dentro de uma SE pode levar a um envelhecimento mais acelerado dos materiais;
- ✓ A limpeza das SE pode ser importante tendo em conta que a falta dela leva a uma maior acumulação de pó junto da ventilação dos equipamentos, contribuindo para a sua degradação;
- ✓ A fadiga eletrónica pode levar à substituição de alguns componentes dos equipamentos num prazo de 10 anos, podendo este prazo ser encurtado, caso se

verifiquem muitos distúrbios na alimentação ou o registo constante de temperaturas mais elevadas na SE;

- ✓ Mesmo com a utilização de uma manutenção preventiva sistemática, não é possível prever a avaria passado pouco tempo após essa manutenção. Assim, e para que se consiga obter melhores resultados, podemos optar por usar um critério mais agressivo no momento da MPS, de forma a detalhar o mais possível o estado da instalação;
- ✓ A utilização de uma manutenção baseada no risco requer alguns parâmetros mais apertados quando se realiza uma manutenção corretiva. Desta forma podemos estar na eminência da implementação de “subestações digitais”, ou seja, onde os vários equipamentos/componentes do sistema estão em constante monitorização. Podendo desta forma realizar uma MPS com vários graus de criticidade, tendo em conta o registo das manutenções corretivas e os dados recolhidos com a monitorização;
- ✓ Chamada de atenção para a cibersegurança;
- ✓ Uma das ferramentas apresentadas permite a realização de testes de *software* (suporte IEC61850 - Edição 2), sem prejudicar o funcionamento normal.

Anexo F.3 – SIEMENS

Localização: Edifício da EDP (Arregaça, Coimbra)

Data: 22/06/2015

Agenda:

- Energy Management: Smart Grid and Services Unit
 - Apresentação da empresa Siemens;
 - Apresentação do projeto/ideologias da EDP Distribuição.
- Apresentação da política de manutenção RBM;
- Solução de monitorização para as subestações;
- Apresentação da “Aplicação Siemens” para acesso remoto e deteção de falhas.

Anexo G – Atividades de Acompanhamento no Terreno

Anexo G.1 – Atividade 1 – Rua do Brasil (Coimbra)

Localização: Edifício da EDP (Rua do Brasil, Coimbra)

Data: 12/10/2014

Missão: Reconhecimento dos equipamentos de telecomunicações existentes no edifício.

Justificação: Visita necessária para perceber um pouco dos mecanismos da rede privativa de telecomunicações da EDPD e ficar a conhecer fisicamente alguns equipamentos utilizados.

Procedimentos:

Com o acompanhamento do Supervisor da empresa, foi realizada uma mini visita, de forma a receber os esclarecimentos necessários em relação aos equipamentos presentes no edifício.

Tudo foi explicado da melhor forma possível, o que permitiu entender a necessidades deste tipo de rede, a interação entre os equipamentos e a forma como é feita a sua manutenção.

Anexo G.2 – Atividade 2 – SE Miranda do Corvo

Localização: Subestação de Miranda do Corvo

Data: 18/12/2014

Missão: Visita exploratória, com a apresentação dos equipamentos presentes na subestação, com destaque para os equipamentos de telecomunicações.

Justificação: Para permitir apresentar a forma como funciona uma subestação e todos os equipamentos envolvidos na distribuição da energia elétrica. E também devido à necessidade de dar a conhecer a forma como estão dispostos e ligados os equipamentos de telecomunicações que suportam a rede privativa.

Procedimentos:

Chegada à subestação e alerta para as normas de segurança necessárias, como a utilização de botas e capacete.

Na figura é apresentada a subestação.



Reconhecimento de cada elemento presente no local, para dar a conhecer melhor as questões mais problemáticas no terreno e as causas mais comuns de avarias, tendo sempre como referência os equipamentos da rede privativa de telecomunicações.

Breve referência à forma como é feita a fusão das ligações FO, entre o cabo OPGW e o cabo Dielétrico de Conduta. A imagem da caixa de fusão pode ser visualizada na figura seguinte.



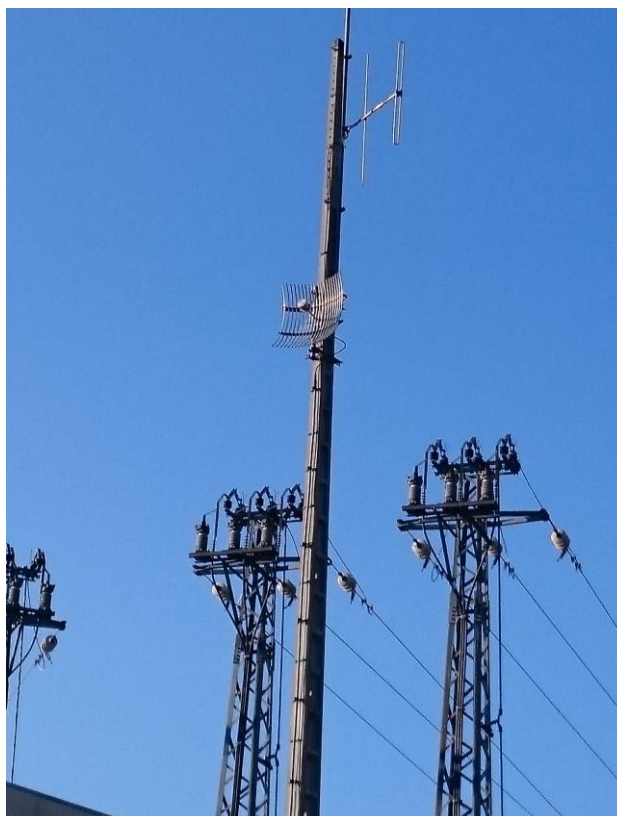
Foi analisado o armário dos equipamentos responsáveis pela recolha da informação que será enviada através das ligações FO. Em particular, na figura seguinte, é possível visualizar um equipamento PDH, raques para os conectores, cartas de ligações de voz e um equipamento da rede MPLS, com as diversas ligações *ethernet*.



Esclarecimento sobre problemas dos *patch cord* e qual a sua função. A figura seguinte ilustra os módulos de ligação e os *patch cord*.



Abordagem dos problemas com as antenas dos equipamentos Rádio, e explicação da diferença entre uma antena Rádio VHF e Rádio Microondas. A próxima figura ilustra os dois tipos de antenas, a superior corresponde à VHF e a inferior à Microondas. A última referida, encontra-se a comunicar diretamente com o parque eólico de Vila Nova.



Anexo G.3 – Atividade 3 – SE Gala (Fig. Da Foz)

Localização: Subestação da Gala

Data: 18/06/2015

Missão: Visita para avaliar a distribuição das ligações de fibra ótica, tendo em conta a chegada aérea em cabo OPGW e as ligações subterrâneas em cabo Dielétrico de Conduta. Esclarecimento do estado da antena do equipamento Rádio VHF.

Justificação: Necessidade de obter informações sobre as Ligações FO e da antena do equipamento Rádio VHF, dentro do espaço da subestação, devido a uma obra de remodelação no edifício.

Procedimentos:

Na chegada ao local foram analisados os contornos da obra de remodelação, ficando-se a perceber até que ponto iram interferir com as ligações FO existentes e com a antena do equipamento Rádio VHF.

Na figura seguinte é possível observar a SE.



Alerta para as zonas de fusão e zonas de passagem subterrânea, por forma a impedir o corte dos cabos durante as intervenções/obras. Na figura seguinte é possível observar a zona da chegada de uma ligação em cabo OPGW e respetiva caixa de fusão.



Esclarecimento sobre o suporte da antena rádio, o qual se encontrava no local onde está previsto que seja ocupado pelo novo edifício. Acabando por ser de fácil resolução, dado que as ligações rádio estavam desativadas.

As figuras que se seguem ilustram os equipamentos de telecomunicações presentes no atual edifício desta subestação, em que a primeira, diz respeito a uma RTU e a segunda, ao armário onde se encontra o equipamento PDH e um módulo *Ethernet/IP*.



Anexo G.4 – Atividade 4 – SE Antanol

Localização: Subestação de Antanol

Data: 18/06/2015

Missão: Analisar a forma como estava a ser processada a implementação de um equipamento SDH e substituição da carta de *fans*.

Justificação: Ficar a entender como é feita a montagem de um equipamento SDH e avaliação dos problemas iniciais da instalação de um equipamento deste tipo.

Procedimentos:

É uma subestação recente e que se encontra referenciada pelas suas preocupações a nível ambiental, bem como pela forma como se encontram dispostos os equipamentos e armários, no interior do edifício. A instalação é considerada uma “Subestação Tipo”, tendo em conta a nova filosofia da empresa, na construção das novas subestações.

No início foi feita uma explicação detalha dos equipamentos presentes e as funções de cada um deles. Uma pequena referência à importância dos SPCC e das RTU para a rede de distribuição de energia elétrica e para a forma como interligam com a rede privativa de telecomunicações.

Avaliação da condição da montagem do equipamento SDH e teste da carta de *fans*, o que permitiu confirmar que se encontrava com defeito, sendo então substituída por outra, que após o teste, ficou a funcionar sem problemas.

Anexo G.5 – Atividade 5 – SE São Jorge

Localização: Subestação de São Jorge

Data: 06/07/2015

Missão: Reparação de uma avaria relacionada com a falha de uma ligação no equipamento PDH. Visualização da implementação de um novo equipamento para colocar em funcionamento a MOXA da subestação.

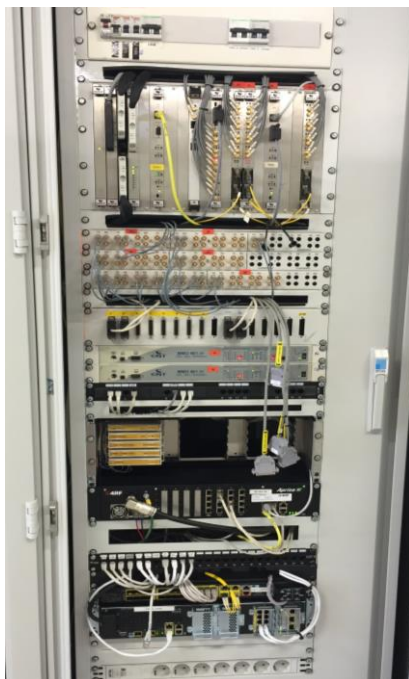
Justificação: A falha na ligação do equipamento PDH estava relacionada com obras na subestação de Alcobaça, onde foram desligados os pares de FO responsáveis por essa ligação. Deixando em baixo o telecontrolo, em ambiente remoto, de algumas instalações relacionadas, principalmente a comunicação entre a SE São Jorge e a SE Turquel.

A análise da instalação da MOXA é importante para perceber os elementos necessários para a sua criação.

Procedimentos:

No caso da intervenção foi necessário alterar o caminho de comunicação com o auxílio dos *patch cord* que se encontravam no par de fibras 3/4. Esse par já não permitia a ligação, dado que as únicas fibras que ficaram disponíveis, após as obras na SE Alcobaça, foram os pares 19/20, 21/22 e 23/24, passando o par de fibras da ligação em falha, a funcionar no par 21/22 do painel, deixando assim de estar no par 3/4.

Na figura seguinte é apresentado o armário dos equipamentos de telecomunicações.



O sistema que estava a ser montado para colocar em funcionamento a MOXA foi explicado e foi possível retirar conclusões sobre os mecanismos relacionados com o seu funcionamento.

Anexo G.6 – Atividade 6 – SE Turquel

Localização: Subestação de Turquel

Data: 06/07/2015

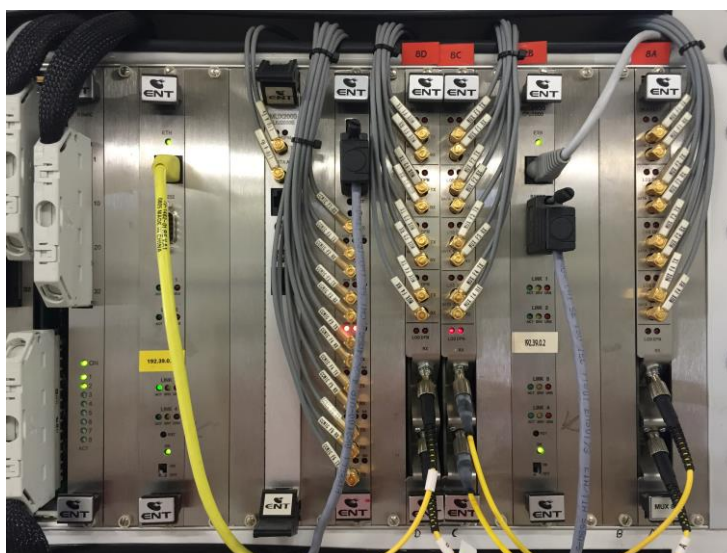
Missão: Reparação de uma avaria relacionada com a falha de uma ligação no equipamento PDH.

Justificação: A falha na ligação do equipamento PDH estava relacionada com obras na subestação de Alcobaça, onde foram desligados os pares de FO responsáveis por essa ligação. Deixando em baixo o telecontrolo, em ambiente remoto, de algumas instalações relacionadas, principalmente a comunicação entre a SE São Jorge e a SE Turquel.

Procedimentos:

Após a alteração realizadas na SE São Jorge, foi necessário avaliar o equipamento PDH na SE Turquel, para corrigir a falha na ligação do equipamento PDH.

Na figura é possível observar que existem dois leds a vermelho, o que indica que a ligação daqueles conectores está com falha.



Foi então alterada a ligação do par 3/4, passando o mesmo para o par 21/22, como já tinha sido realizado na SE São Jorge. Após a alteração foi necessário aguardar o sincronismo do equipamento PDH, até a luz vermelha de sinalização desaparecer.

Após verificar a correção do erro existente na ligação, foi utilizado o OTDR, que pode ser visualizado na próxima figura, para recolher as distâncias da ligação criada e confirmar se as atenuações ao longo da ligação se encontravam dentro dos valores admissíveis.

